ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2012 г. № 1(84)

Координационный совет журнала

Главный редактор
А.Н. ОБЛИВИН

Зам. главного редактора
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета
В.В. АМАЛИЦКИЙ
М.А. БЫКОВСКИЙ
В.И. ЗАПРУДНОВ
Н.И. КОЖУХОВ
А.В. КОРОЛЬКОВ
В.А. ЛИПАТКИН
Е.И. МАЙОРОВА
М.Д. МЕРЗЛЕНКО
А.К. РЕДЬКИН
А.А. САВИЦКИЙ
Ю.П. СЕМЕНОВ
Д.В. ТУЛУЗАКОВ
В.А. ФРОЛОВА
В.С. ШАЛАЕВ

Ответственный секретарь
Е.А. РАСЕВА

Редактор
В.Б. ИВЛИЕВА
Набор и верстка
М.А. ЗВЕРЕВ
Электронная версия
Н.К. ЗВЕРЕВА

Журнал издается при поддержке
Научно-образовательной
ассоциации лесного комплекса

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть перепечатаны и воспроизведены полностью или частично с письменного разрешения издательства.

Редакция журнала принимает к рассмотрению не публиковавшиеся ранее статьи объемом 5–10 страниц, включая рисунки и таблицы. Требования к представлению материалов приведены в конце номера.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, не принимаются; статьи, отклоненные редакцией, не возвращаются.

© ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012

Подписано в печать 13.02.2012.
Тираж 500 экз.
Заказ №
Объем 26,25 п. л.

Издательство Московского государственного университета леса
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, 1, МГУЛ. (498)687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Мерзленко М.Д. *Жизненный путь профессора М.К. Турского* 4

Моисеев Н.А. *Лесная наука и практика в историческом аспекте: состояние и перспективы на примере России* 7

Lohmander Peter *Methodology for optimization of coordinated forestry, bioenergy and infrastructure investments with focus on Russian Federation* 16

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. *Дистанционное зондирование лесного покрова: инновационный подход* 19

Лесоводство, лесные культуры и таксация леса

Lohmander Peter, Zazykina Liubov *Methology for optimization of continuous cover forestry with consideration of recreation and the forest and energy industries* 34

Бабич Н.А., Клевцов Д.Н. *Запасы энергии в культурах сосны* 38

Иванов В.П., Марченко С.И., Зайцева Л.В., Иванов Ю.В. *Методологические аспекты определения биометрических параметров шишек сосны обыкновенной* 42

Алексеенко А.Ю. *Проблемы заготовки древесины в разновозрастных лесах Дальнего Востока* 47

Гахрамани Л., Салехиан М., Газанфари Х. *Сравнение структуры менее разрушенных и управляемых традиционным способом насаждений в Северном Загросе (г. Банэ, запад Ирана)* 52

Иванов А.В. *Сезонный рост географических культур ели в южной подзоне тайги в 2009 году* 57

Мельник П.Г., Карасев Н.Н. *Географическая изменчивость лиственницы в фазе приспевания* 60

Мельник П.Г., Насыпайко Н.Ю. *Естественное возобновление лиственницы в Центральной России* 74

Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. *Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Архангельской области* 79

Саранчук А.П., Хайлова О.В. *Опыт создания лесных культур на отвалах Лучегорского угольного разреза Приморского края* 84

Лесная селекция, генетика и биотехнология

Романовский М.Г. *Структура вида, селекция, сбор и анализ данных* 87

Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А. *Испытание клонов и гибридов тополей подрода Leuce Dode* 91

Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В. *Влияние длины светового дня на устойчивость сеянцев сосны обыкновенной к токсическому действию цинка* 99

Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В., Кузнецов В.В. *Хроническое действие высоких концентраций цинка на активность антиоксидантных ферментов в сеянцах сосны обыкновенной* 105

Кляйн О.И., Николаев И.В., Куликова Н.А., Степанова Е.В., Королева О.В. *Влияние минеральных и органических удобрений на антиоксидантную емкость почв* 109

Мудрик Е.А., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С., Жулина Е.В., Политов Д.В. — *Генетическая изменчивость и доля перекрестного опыления Pinus cembra L. в Украинских Карпатах и Австрийских Альпах по аллозимным и микросателлитным локусам* 112

Орешкова Н.В., Белоконь М.М. — *Оценка генетической изменчивости лиственницы сибирской с использованием микросателлитного анализа* 118

Экология и мониторинг леса

Архипенко Н.А. — *Критерии выделения особо ценных редких и эталонных лесов национального парка «Браславские озера»* 123

Ведерников И.Б., Рунова Е.М. — *Факторы устойчивости хвойных бореальных лесов Среднего Приангарья к сукцессионным процессам* 127

Вознячук И.П. — *Мониторинг охраняемых видов растений – приоритетное направление фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь* 131

Гаврилин И.И., Рунова Е.М. — *Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме г.Братска* 135

Джакония Е.Ф. — *Клен мелкопильчатый – эндемик о. Тайвань как ценный древесный и декоративный вид на Черноморском побережье Кавказа (ЧПК)* 139

Журов В.Д. — *Разработка классификации ландшафтных экспозиций* 142

Кистерный Г.А., Паничева Д.М. — *Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной из насаждений, подверженных хроническому воздействию щелочных и фтористых промвыбросов* 145

Крылов А.М., Владимирова Н.А., Малахова Е.Г. — *Использование свободных ГИС в системе дистанционного лесопатологического мониторинга* 148

Пляшечник М.А., Шапченкова О.А. — *Реакция растительности живого напочвенного покрова лесных экосистем Центральной Эвенкии на внесение азотных удобрений* 153

Токарева И.В., Прокушкин А.С. — *Содержание органического вещества и его водорастворимой фракции в мохово-лишайниковых ассоциациях криолитозоны* 156

Хайлова О.В., Смолиговец Н.С., Саранчук А.П. — *О необходимости дальнейшего изучения биологии размножения дальневосточных древесных пород* 160

Чжан С.А. — *Зонирование лесных экосистем, подверженных длительному техногезу* 164

Звягинцев В.Б., Южик Н.В. — *Об изменении фенодат ели европейской (Picea abies) в Беларуси* 167

Азовская Н.О., Ярмолович В.А. — *Скрининг фунгицидов и биопрепаратов для защиты молодых растений сосны от диплодиоза* 171

Санаева Т.С. — *Деградация травянистой растительности на объектах озеленения города* 175

Коровин В.В., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Черкас Н.Д., Судник А.В. — *Лесовод, генетик и неутомимый исследователь центральноевропейских лесов Беловежской Пущи (к 75-летию со дня рождения профессора Адольфа Фридериковича Корчыка)* 181

Делеган И.В., Мельник П.Г. — *Выдающийся исследователь генетического разнообразия лесных древесных пород Европы (к 65-летию со дня рождения профессора Ладислава Пауле)* 184

Делеган И.В., Мельник П.Г. — *Николай Васильевич Чернявский – ученый-лесовод (к 60-летию со дня рождения)* 188

Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В., Мельник П.Г. — *Памяти профессора Георгия Ивановича Редько* 191

ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ ПРОФЕССОРА М.К. ТУРСКОГО

М.Д. МЕРЗЛЕНКО, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук*

merzlenko@mgul.ac.ru

Портрет Митрофана Кузьмича Турского

В апреле 2010 г. исполнилось 170-лет со дня рождения ученого, лесовода-классика, профессора Митрофана Кузьмича Турского. Он является автором замечательного энциклопедического учебника «Лесоводство», выдержавшего на сей день десять изданий. В деятельности М.К. Турского теория и практика сочетались как неразрывное и единое целое. Мало того, и в теоретическом направлении, и в практическом плане он обладал чувством предвидения, о чем будет свидетельствовать излагаемый ниже материал.

Родился Митрофан Кузьмич в 1840 г. в г. Нарве, в семье священника. Среднее образование получил в духовной семинарии, затем – высшее образование в Санкт-Петербургском университете по разряду естественных наук, а в Лесном институте и в Лисинском учебном лесничестве прошел специальный одногодичный курс лесоводства. После сдачи государственных экзаменов в декабре 1863 г. Турский был произведен в чин поручика Корпуса лесничих и назначен в леса Пермской губернии. На протяжении 1867–1869 гг. он трудится в Нижегородской губернии. За шесть лет практического стажа он проходит тернистый путь лесовода, работая в качестве таксатора, лесничего и лесного ревизора.

Преподавательскую и научную деятельность Турский начал в качестве преподавателя лесных дисциплин в Лисинском егерском училище под Санкт-Петербургом (1869–1876 гг.). Наиболее ярко творческая натура М.К. Турского стала проявлять себя с 1876 г., т.е. с началом научно-педагогической деятельности в Петровской земледельческой и лесной академии. За плечами М.К. Турского тогда уже была многолетняя и многогранная практическая работа в лесах Пермской и Нижегородской губерний, а также педагогическая работа в Лисинском егерском училище под Санкт-Петербургом. Вот именно этот опыт, предшествовавший работе в Петровской академии, и стал основным фундаментом его передовых воззрений и классических экспериментальных работ.

Георгий Федорович Морозов считал Митрофана Кузьмича философом лесоводства и относил его к числу русских лесоводственных классиков. По выражению Г.Ф. Морозова «М.К. Турский – один из лучших русских лесоводов-наблюдателей и один из первых экспериментаторов».

К числу классических опытных работ, развернутых М.К. Турским в Лесной опытной даче академии, следует отнести эксперименты по географическим посевам (с 1876 г.) и географическим посадкам (с 1883 г.), по методам, способам создания и мерам ухода за насаждениями (с 1877 г.), по густоте посадки лесных культур (с 1879 г.) и изучению теневыносливости древесных пород. Шкалы светолюбия древесных пород разработаны им на физиологической основе путем этиолирова-

ния, благодаря чему посредством разной степени искусственного отенения наблюдалась потеря по массе сухого вещества как листьев, так и корневых фракций. При этом при равных внешних условиях, но разных породах, одна и та же степень отенения давала различные результаты в зависимости от природной теневыносливости той или иной породы.

По многим теоретическим и экспериментальным направлениям М.К. Турский был первопроходцем, опередившим западных лесоводов. В этом – его предвидение задач и явный приоритет в области лесного опытного дела. Это было подмечено еще Г.Ф. Морозовым, который, в частности, в 1912 г. писал, что «Европа справедливо гордится теперь вероятно уже 15-летними опытами Cieslar'а относительно влияния происхождения семян на рост и другие особенности насаждений. Опыты нашего Митрофана Кузьмича гораздо старше – им теперь уже 25–30 лет, т.е. поставлены они были тогда, когда в Германии никто или почти никто, по крайней мере в лесоводственных кругах, не думал об экспериментальном разрешении подобных вопросов». Надо еще заметить, что, будучи лесоводом-классиком, М.К. Турский открыто критиковал устоявшиеся в Европе правила Борггреве, считая их «детской забавой», а Гайеровский здоровый лес называл «невысокого полета программой, хотя достойной внимания как протест старому».

Ярким штрихом в практической деятельности М.К. Турского явилось его руководство лесоустройством в 1884 г. Никольской лесной дачи на северо-востоке Московской губернии (в настоящее время она входит в состав Щелковского учебно-опытного лесхоза МГУЛ). Главное внимание было обращено на порядок эксплуатации, который должен был обеспечить легкость ведения хозяйства в будущем, постоянство пользования и повы-

Рис. 2. Памятник профессору М.К. Турскому, установленный в Москве в 1912 г.

шение продуктивности насаждений. Составленный общий обзор порядка эксплуатации дачи охватывал шестидесятилетний период, т.е. вплоть до 1943 г. Причем сходство дачи со многими частными и казенными лесными дачами Московской губернии послужило в дальнейшем образцом для установления системы лесохозяйственных мероприятий в аналогичных хозяйствах.

Исходя из доходности хвойной древесины и возможности обращения путем рубок ухода смешанных насаждений в хвойные (на момент устройства преобладали смешанные насаждения), главными породами М.К. Турский избрал хвойные. Половину массы вырубаемой древесины полагалось получать от промежуточного пользования. Оборот главной рубки он наметил поднять с 50 до 70 лет, что давало возможность повысить и возраст насаждений дачи.

Для обеспечения, по возможности, равномерного дохода от рубок ухода М.К. Турский назначил умеренное разреживание с повторением его через 8 лет по каждому кварталу. Пробными прореживаниями в насаждениях дачи им была показана реальность безо всякого ущерба для насаждений получать ежегодно 5023 м^3 древесины, что составляет почти 1/2 массы древесины от отведенных в главную рубку лесосек (11 814 м^3.).

Особое внимание обратил М.К. Турский на возобновление вырубок, будущий уход за лесом и лесоулучшение. При лесоустройстве основной упор был сделан на естественное возобновление по всем лесосекам. Если же спустя 3 года после вывозки с лесосеки дров окажутся невозобновившимися места более 907 м^2 каждое, то их предлагалось закультивировать. В случае сильного развития сорных трав на этих площадях перед производством лесокультур допускалось сенокошение.

Касаясь вообще лесоустроительных проектов, М.К. Турский писал, что «у нас под лесоустройством подразумевают перечень предложений и проектов, направленных к приведению дачи в правильное состояние на основании приемов, выработанных наукой. Между тем предложения эти не есть устройство, а только план, проект лесоустройства. Лесная дача может считаться устроенной тогда, когда этот план выполнен на деле, точно так же, как дом считается выстроенным не тогда, когда на него составлен план, а когда этот план выполняется». Именно этим объясняется то неослабевающее внимание к Никольской даче, которое уделялось ей М.К. Турским после проведения лесоустройства 1884 г. Так, о Никольской даче он говорит на собрании Московского лесного общества, а 22 сентября 1895 г. члены данного общества совершают экскурсию по даче.

Во время экскурсии М.К. Турский, наряду с рассказом об устройстве дачи, показывает членам лесного общества в натуре уже ряд выполненных и проводящихся на текущий момент лесохозяйственных мероприятий, запланированных лесоустройством 1884 г. Лесохозяйственная деятельность выражалась в увеличении покрытой лесом площади и повышении возраста рубки леса.

Особое внимание М.К. Турский обращал на возобновление вырубок как в дальней, так и в ближней частях дачи. По его мнению, двенадцатилетний опыт хозяйства показал, что к искусственному возобновлению ни целых лесосек, ни отдельных частей их не было нужды обращаться, ибо все вырубки при сплошных рубках и при соблюдении некоторых несложных условий возобновляются сполна, в основном лиственными породами. Так вот, никакие древесные лиственные породы (ни осину, ни березу) М.К. Турский не считал сорными или второстепенными! (А у нас по сей день их считают второстепенными).

К числу экспериментально-практической деятельности М.К. Турского относится закладка нескольких десятков постоянных пробных площадей в ходе ревизии лесоустройства 1899 г. Закладывались они по прямому замыслу М.К. Турского и с размахом на реализацию в будущем большого научно-практического материала стационарных исследований по биологии роста древесных пород и разным приемам выращивания насаждений. Пробные площади ревизии лесоустройства 1899 г. охватили все разнообразие

насаждений дачи: они как в естественных, так и в искусственных лесах (бывших в то время в основном молодняками) и отражают весь спектр насаждений Никольской дачи. Эти постоянные пробные площади являются ныне ценными отправными точками лесного мониторинга.

В 1894 г. Лесным департаментом учреждается Особая экспедиция по исследованию источников главнейших рек Европейской России. Начальником экспедиции назначается генерал-лейтенант А.А. Тилло, а руководителем лесоводственного отдела экспедиции – проф. М.К. Турский. За годы работы в этой экспедиции, вплоть до кончины Митрофана Кузьмича, им был выполнен колоссальный объем полевых работ в районах истоков главнейших рек Европейской России – Волги, Днепра и Оки. Результаты и материалы этого титанического труда Турский опубликовал в нескольких солидных томах, ставших, к сожалению, сейчас библиографической редкостью и поэтому мало известных современным ученым. М.К. Турский подчеркивал важность сохранения болот и лесов у истоков великих рек России; указывал на необходимость неотлагательных мер, направленных на облесение верховьев Оки и Дона. Кроме того, Турский ратовал за то, чтобы в верховьях Днепра будущее лесов было в руках государства и здесь не допускалось бы частное владение лесами. Кипучая деятельность М.К. Турского в Особой экспедиции носила четко выраженный природоохранный характер.

Митрофан Кузьмич Турский – единственный среди лесоводов, кому поставлен памятник в г. Москве. Столь торжественное событие имело место в воскресенье 29 июля 1912 г. на территории Московского сельскохозяйственного института, в сквере, возле кафедры лесоводства. На церемонии открытия памятника Г.Ф. Морозов сказал: «Митрофан Кузьмич Турский принадлежит к числу русских лесоводственных классиков. Его сочинения должны быть полностью изданы с комментариями учеников. Его литературная деятельность как отражение его дум и практическая деятельность должны стать одним из источников лесоводственного образования. Классики не стареют – они вечно юны».

ЛЕСНАЯ НАУКА И ПРАКТИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА ПРИМЕРЕ РОССИИ

Н.А. МОИСЕЕВ, *проф. каф. экономики и организации лесного хозяйства и лесной промышленности МГУЛ, д-р с.-х. наук, академик РАСХН*

moiseev@mgul.ac.ru

Каждый из нас должен заниматься своим делом. И для науки и для практики – это главное. Ибо только *занимаясь* именно *своим делом, соответствующим наклонностям каждого, можно добиться чего-то серьезного.*

Наука любая, тем более лесная, иерархична по структуре. Ее порою сравнивают с «деревом», в котором кроме ствола есть еще и ветви разного порядка, образующие крону, и корневая система, не только скрепляющая его с почвой, но и обеспечивающая для питания всем необходимым. Попробуй сказать, что тут главное, без чего можно обойтись? По закону Либиха, все, что окажется в минимуме, будет тормозить развитие всего остального.

Но *«дерево»* это еще не *«лес»*. А в лесу между деревьями свои взаимоотношения и *порядки*, при ведении лесного хозяйства устанавливаемые уже человеком, и не раз навсегда заданные, как в статике, а в динамике развития, с учетом усложняющегося во времени набора целей, которые ставятся обществом на разных ступенях его развития, в свою очередь все более вынужденного считаться не только со своими потребностями, но и его отношениями с окружающей средой. Вот почему проблемы лесной науки и практики рассматриваются не как сами по себе, а в системе взаимоотношений *«человека, общества и природы»*. Могут спросить, а почему в этой

«триаде» надо рассматривать и «человека», и «общество» в их взаимоотношениях с «природой». Да потому, что интересы отдельного человека и общества в целом довольно часто не только не совпадают, но и противоречат друг другу, а потому «гармонизация» их в общей системе взаимоотношений с природой довольно непростая проблема, которая становится *«фоновой»* и для решения многих лесных проблем.

И вот, чтобы не заблудиться в «лесу» и осмысленно заниматься своим делом, мы для *ориентации* должны видеть свое место в строю, его связь с общим полем научной и практической деятельности, направленностью ее развития во времени, связывая прошлое с настоящим и перспективами будущего. Историческая преемственность в исследованиях важна для любой науки, но для лесной в особенности, учитывая долгосрочную специфику лесовыращивания, когда допущенные ошибки трудно, а нередко и невозможно, уже исправить. К подобным историческим примерам мы еще вернемся.

Вот для такой общей связи и координации научных исследований важна не только ***специализация***, но в не меньшей степени и ***интеграция*** знаний в виде разного порядка обобщений, на базе которых также открывается новое. И не просто новое, но нередко и стратегические прорывы. Недаром говорят, что наиболее крупные открытия бывают на стыке смежных отраслей знаний. Ведь наука сама по себе целостна. Это мы делим ее на отдельные разделы. В.Н.Вернадский подчеркивал, что мы специализируемся не по наукам, а по проблемам. А проблемы чаще всего имеют комплексный характер, требующий привлечения разных отраслей знаний.

Не умаляя роль специализированных исследований, все же следует отметить наблюдающееся до сих пор отставание в области интеграции знаний на разных уровнях обобщений, без которых немыслимо поступательное развитие лесной науки и практики.

Не претендуя на какие-либо открытия в этой отстающей области знаний, тем не менее, я хотел бы в своих тезисах остановиться на отдельных аспектах, в т.ч. и исторического порядка. При этом ограничим себя следующими взаимосвязанными предметами: ***лес*** как объект управления; ***лесное хозяйство*** как средство управления и, наконец, само ***лесоуправление***, объединяющее и лес, и лесное хозяйство, и сложный механизм организационных, политических, эколого-экономических, социальных и правовых отношений в системе «человек, общество и природа». Литература, посвященная этим предметам, обширна. Не пытаясь ее обобщать, я остановлюсь лишь на отдельных, на мой взгляд, немаловажных положениях, применительно к Российской действительности.

Об истории развития лесного хозяйства среди работ разных авторов, я, в порядке примера, назвал бы Ф.К. Арнольда [1], М.М. Орлова [2], Я. Вейнберга [3], И.С. Мелехова [4], Г.И. Редько [5], А.С. Тихонова [6]. Среди работ зарубежных авторов я бы выделил книгу ученых Итальянской лесной академии «Лес и человек», содержащую критический разбор истории развития западно-европейской лесной науки и практики [13]. Об истории развития лесного хозяйства на других континентах большую познавательную ценность представляли доклады ученых, выступавших на международных конференциях IUFRO, организованных в 1992, 1994 и 1996 г. в России на базе ВНИИЛМ по проблемам управления лесами в условиях рыночной экономики. Труды этих конференций опубликованы [8, 9, 10].

Историю, безусловно, надо знать, ибо без нее трудно объяснить настоящее положение лесных дел в каждой из стран и в мире в целом, а без этого трудно рассчитывать на правильное определение ориентиров развития в будущем.

Общий вывод из познания прошлого в связи с настоящим можно сделать один, определенный, не вызывающий сомнения, о котором писал еще наш известный историк Н.М. Карамзин: история ничему не учит, она лишь наказывает.

Пока общие тенденции развития человечества приводят лишь к сокращению площади лесов в мире (правда, за последние годы в основном для тропических лесов) и

деградации лесов бореальных, обеднению их состава и сокращению биоразнообразия, ухудшению всего комплекса условий на планете, на которой государственные границы не являются препятствием для загрязнения всех сфер обитания всего живого.

Проблемы леса и хозяйства в них возникли не сегодня, у них, как правило, глубокие исторические корни. Самое удивительное, что наши предшественники высказывали правильные положения по способам их решения, используя которые на практике, можно было бы избежать многих необратимых негативных последствий. Но, к сожалению, историческая память человечества страдает провалами.

Итак, обратимся к понятию ***лес***, не только с лесоводственной, но и экономической и юридической точек зрения. В лесоводственном отношении наш классик, проф. Г.Ф. Морозов, разработал учение о лесе, в рамках которого дал многостороннее представление об этом природном, а затем и рукотворном образовании. Не претендуя на пересказ и данные им интерпретации, отметим лишь, что, по его мнению, это географическое образование представляет симбиоз древесных растений и других компонентов *биогеоценоза*, включая живые организмы и почвенную среду, сложившуюся в конкретных климатических условиях, и находящихся в тесном взаимодействии между собой и под их влиянием создающую свою *«внутреннюю среду»*, оказывающую воздействие и *на внешнюю среду*. По словам Г.Ф. Морозова, «если мы проникнемся взглядом на лес как на сложное взаимодействие не одних только древесных пород, но и всего живого в лесу, и ***начнем оценивать лес*** как ***биогеоценоз***, т.е. как ***сложное общежитие разнообразных организмов, объединенных общностью условий жизни***, тогда ***верховенство*** закона или ***принципа устойчивости*** станет еще более ***несомненным***» [11, с. 15]. «*И если приемы хозяйства нашего будут отвечать природе леса*, т.е. природе составляющих его единиц и их взаимных отношений, природе внутренней среды, создаваемой ими, и внешней географической среде, *то наши насаждения,* несмотря на вмешательство человека, будут сохранять необходимую и достаточную для нас ***устойчивость***» (там же).

Отметим, что выше были приведены выдержки из лекции проф. Г.Ф. Морозова «О лесоводственных устоях», прочитанной студентам Петроградского лесного института в 1916 г., т.е. почти век назад. Вряд ли что из этих определений можно подвергнуть сомнению. Но заметим, что ***требование устойчивости***, которое ныне и по лесному законодательству признано главным, было ***обоснованно сформулировано им еще в начале XX века***, как принцип, возведенной в ранг закона.

«Итак, стремление к созданию и сохранению устойчивости насаждений, являясь верховным принципом лесоводства, наиболее верным путем ведет прежде всего к удовлетворению *основной задачи – постоянства пользования*». ***«Сохранение устойчивости насаждений, будучи центральным пунктом всей лесоводственной политики***, в свою очередь, осуществляется соблюдением самого коренного условия именно соответствием состава, формы и других элементов насаждений условиям местопроизрастания, т.е. тому, что диктуется географическим началом [18 с.]. «… *И потому географическое лесоводство с его учением о зональности и типах насаждений есть, по моему глубокому убеждению, правильное решение вопросов*, который в свое время вызывал так много споров между Гартигом и Пфейлем» [22 с.].

Но для того, чтобы выполнить задачу организации постоянства пользования, ныне названного непрерывным, неистощительным пользованием леса (ННПЛ), надо иметь ***«целую совокупность лесных участков, между которыми должно быть установлена определенная хозяйственная связь»***. «Со временем, с экономическим подъемом страны … вырастают задачи об увеличении доходности лесной площади»; «преобразовать лесную действительность в таком направлении, чтобы она полнее и лучше удовлетворяла человеческое общество в его разнообразных запросах по отношению к лесу» [12, с. 98].

Вот тут Г.Ф. Морозов, хотя и говорил о широком поле деятельности лесоводства как науки и искусства ведения лесного хозяйства,

он перебросил мост в своих рассуждениях уже к другим лесным дисциплинам, включая *лесоустройство, лесную экономику и лесоуправление. Для этих последних дисциплин объектом приложения их исследований и является такая в определенном пространственно-временном порядке расположения совокупность лесных участков, в рамках которых при данных конкретных экономических условиях и достигнутой интенсивности лесного хозяйства возможна организация ННПЛ.* Именно в таком расширительном понимании ***лес как объект управления*** в экономическом смысле является ***основным и незаменимым средством производства*** в лесном хозяйстве ***для воспроизводства*** непрерывного расширяющегося во времени ассортимента ***ресурсов и услуг леса как продукта труда.***

На базе именно такого объекта лесоустройство как важнейший инструмент лесоуправления через свои лесоустроительные планы должно готовить хозяйственные решения, которые сводятся не только к определению возможного объема неистощительного пользования лесом и мер по его воспроизводству, но и к такому их размещению в пространстве и во времени, чтобы обеспечить максимально возможный эффект при минимуме затрат и в то же время сохранить устойчивость самих лесов во всем их биоразнообразии.

С помощью показателей и критериев лесной экономики дается оценка сравниваемых альтернатив для выбора наиболее эффективного варианта хозяйства при данных конкретных для каждого объекта ограничениях.

В названной цепочке взаимосвязанных дисциплин **лесоустройство** является связующим звеном между лесоводством и лесоуправлением и **представляет дальнейший восходящий этап обобщений лесохозяйственных знаний** и передового опыта, которые и воплощаются в лесоустроительных планах.

Нелишне исследователю на своем пути окинуть взглядом эти дисциплины, чтобы оценить в крупном плане, что принципиально важное уже использовано на практике, а что еще ждет освоения. Экскурс в прошлое всегда необходим для связи его с настоящим, чтобы оценить, в какой мере наука была востребована практикой и в чем последняя нуждается сегодня и на перспективу.

Оказывается, при этой инвентаризации нас больше ждет разочарований, чем восхищений. Для российской действительности типологическое начало в лесоводстве так и не стало руководящим при подготовке хозяйственных решений. Требование устойчивости лесов при создании насаждений остается лишь декларацией, не реализованной на практике. Хотя и признается необходимость дифференцированного подхода к назначению лесоводственных мероприятий с учетом региональных особенностей лесов и условий хозяйства, тем не менее, остаются главенствующими всеобщие, «всероссийские рецепты», особенно при назначении способов рубок и лесовосстановлении. Другими словами, рекомендации проф. Г.Ф. Морозова, изложенные в его лекции «О лесоводственных устоях», прочитанной в 1916 г., даже по истечении столетия все еще ждут их применения на практике.

Что же касается дисциплин – лесоустройства, лесной экономики и лесоуправления, то и здесь значительного продвижения мы не найдем, а столкнемся даже с движением вспять.

Не повезло в России науке и практике лесоустройства. Дважды в течение последних семидесяти пяти лет оно подвергалось ликвидации. В 30-х гг. XX столетия оно было ликвидировано из-за принципа постоянства пользования, на котором эта наука зиждется, ибо, по мнению политиков тех лет и угодливо услужвающих им ученых, этот принцип якобы сковывает масштабы эксплуатации лесов в процессе форсированной индустриализации социалистического народного хозяйства.

По другой причине было ликвидировано лесоустройство уже при внедрении капиталистической системы хозяйства в России с принятием в 2006 г. «Лесного кодекса РФ», идеологи которого ставили задачу тотальной приватизации лесов через переходный этап аренды. При этом в замысле стояла задача приватизации лесов, конечно, не для обедневшего народа, а для «толстосумов», пред-

ставителей крупного спекулятивного капитала, олигархов, чтобы их излишки денежных средств вкладывать не в реальный сектор экономики принадлежащих им предприятий и крупных корпораций, а в «землю», как более надежное, чем в банках, «хранилище» накопленного капитала, учитывая, что земля со временем постоянно дорожает и это позволяет на спекуляциях приумножать денежные капиталы. При этом лесоустройство как проводник государственной лесной политики оказывается якобы излишним.

И в том, и в другом случае лесоустройство подменялось лесоинвентаризацией. Выросшие на обслуживании последней ее специалисты уже не ратуют за восстановление лесоустройства в его истинном предназначении, не пытаясь даже вникать в суть и значимость последнего. Об этом наглядно можно было судить по «Концепции развития лесоустройства и лесной инвентаризации», разработанной «Рослесинфоргом», созданным в свое время взамен существовавшего многие десятилетия в/о «Лесопроект».

Наблюдаемый слом лесоустройства в России совпал с доминированием в руководстве экономикой взглядов «рыночных фундаменталистов», сводящих государство до недопустимого минимума в управлении реальным сектором и, по существу, не допускающих планирования, особенно стратегического, как меры государственного регулирования рыночной стихии.

Лесная же экономика в науке и на практике также оказалась в такой степени деформированной, что потеряла практическое значение. Формируясь в советское время усилиями противников постоянства пользования (ННПЛ), она утратила и свой стержень, которым только и может быть этот отвергнутый тогда принцип. В переходный же период к капитализму под влиянием взглядов «рыночного фундаментализма» она слепо скопировала ранненемецкие взгляды финансовой спелости, ставшие краеугольным камнем англоязычных учебников по лесной экономике. Известно, что эта экономика основывалась на периодическом лесопользовании в мелких частновладельческих лесах, доминировавших на ранней стадии капитализма, в рамках которых организация непрерывного, неистощительного пользования лесом экономически была невозможна. Это уже позже появились ассоциации, объединившие мелкие лесовладения для управления на основе ННПЛ.

Что касается науки и практики лесоуправления, то в условиях частых и непродуманных реформ эта область деятельности так и не получила должного оформления, подменяясь следующими друг за другом при каждой новой реформе законодательными и административными актами и распоряжениями, выражающими основную тенденцию к неуклонному умалению роли государства в управлении федеральными лесами как государственным имуществом, как будто ведя незримую для общественности подготовку к приватизации лесов. Она уже предусматривалась в первых проектах Лесного кодекса, формировавшегося под патронажем руководства Минэкономразвития. Лишь возмущение широкой общественности вынудило руководство страны отменить надуманный акт приватизации лесов, но не исправить само содержание кодекса как основы для такого акта в будущем.

Между тем влиятельное олигархическое лобби продолжает оказывать давление на государственную власть, рассчитывая на удовлетворение своих интересов после президентских выборов, полагая, что до этого власть воздержится от такого слишком рискованного шага, опасаясь неминуемого всплеска общественного возмущения.

Но тем не менее, принятый в 2006 г., уже третий за годы перестройки, Лесной кодекс сделал свое дело, разрушив систему государственного управления лесами и ликвидировав в составе ее государственную лесную охрану. Под давлением руководства МЭРТ государственная система управления лесами страны была «расщеплена» на три независимые друг от друга ветви, представленные разными органами: надзорную, нормативно-регулятивную и в непонятном остатке управления лесным фондом в виде усеченного по функциям Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза), ибо само управление федеральными лесами было передано

субъектам РФ. При таком раскладе главный идеолог последнего лесного кодекса – б. министр МЭРТ господин Греф в одном из интервью обронил фразу, что по новому кодексу он даже не видит места Рослесхозу.

Такой кодекс явился одной из важных причин беспрецедентно широкого масштаба за всю историю лесоуправления так называемых нелегальных рубок, браконьерства, в т.ч. с участием и «высоких лиц» (случай, например, с запрещенной охотой и «падением» вертолетов на Алтае и Иркутской области).

Разбушевавшаяся стихия лесных пожаров, одной из весомых причин которых стало отсутствие лесной охраны и в целом лесной службы, вынудила и председателя Правительства РФ придти к выводу о необходимости укрепления федерального органа управления лесами, поднятия статуса Рослесхоза и вывода его из подчинения Министерству сельского хозяйсва РФ непосредственно Правительству. Пока еще рано говорить о том, какие структурные трансформации могут последовать, чтобы сделать лесную службу самой многолесной страны мира более дееспособной и эффективной.

Но можно сказать, что реформаторская «игра» с управлением государственными лесами дошла «до края». Имея в виду стихию пожаров, ставших национальным бедствием летом 2010 г., заслуживают внимания знаменательные слова Пресвятейшего Патриарха Кирилла: «То, что произошло со страной, стало большим вызовом и для государства, и для всего общества»… [НТВ, 16.08.2010]. Хотелось бы надеяться, что этот вызов заставит Правительство РФ не игнорировать 200-летний опыт лесоуправления и сделать из него правильные выводы.

Последние два десятилетия переходного периода тяжело отразились и на научном потенциале лесных отраслей. Из-за предпринятых по инициативе руководства МЭРТ мер акционирования и приватизации многие лесные отраслевые учреждения, в т.ч. головные, вместе с их опытными полигонами, хозяйствами, конструкторскими бюро и экспериментальными мастерскими оказались утраченными. Это коснулось даже таких головных учреждений, как ЦНИИМЭ, ЦНИИМОД, ВНИИБ, ВНИИОПМЛесхоз. От многих из них остались только вывески да жалкие остатки научных кадров, уже не способных обеспечить тот стратегический прорыв, на который ориентируют теперь руководители государства. Численность научных кадров в научных учреждениях лесопромышленных отраслей сократилась в 5–10 раз, а по некоторым и в 20 раз; в НИИ лесного хозяйства «усушка кадров» произошла в среднем в 3 раза. Общий объем государственного финансирования на лесную науку сократился в 15–20 раз. Есть большая опасность потери преемственности поколений в науке, что приведет к утрате научных школ. Опыт послевоенной Германии показал, что на создание научных школ ей потребовалось много десятилетий. Такая опасность ныне существует и для России. Никакое «Сколково» не явится равноценной заменой некогда процветавших научных школ в России, ныне влачащих жалкое существование из-за пренебрежительного отношения к науке всех сменяющих друг друга политиков последних десятилетий.

Предпринимаемые меры к усилению влияния государства на науку пока трудно признать продуманными. Они чаще всего представляют заимствования не лучших сторон зарубежного опыта. Как тут не вспомнить слова П. Столыпина: ***«…нельзя так покорно копировать заемные западные устройства, но надо иметь смелость идти своим русским путем»***. К сожалению, нынешнее руководство Минобрнауки не следует словам знаменитого предшественника и старается навязывать не проверенные на отечественной почве «прозападные штампы».

Никто не допускает игнорирования передового зарубежного опыта, но прежде, чем его внедрять (часто через «коленку»), надо его осмысливать, проверять и адаптировать к отечественным условиям. Теперь мы на примере своей истории видим, чем обернулись призывы М.С. Горбачева к ускорению. Недаром в народе говорят, что «быстрота нужна только при ловле блох».

После угара от многочисленных, часто непродуманных реформ, от которых народ

уже устал, не только научная, но вся общественность давно уже ждет от Правительства, чтобы оно сменило стиль работы «пожарной команды» (выражение С.М. Миронова, бывшего председателя Совета Федерации) на взвешенный системный характер стратегического мышления и управления, рассчитанного не на 2–3 года, как при выработке финансового плана страны, в который все равно обстоятельства заставят вносить серьезные коррективы, а на десятки лет вперед, но не единоличными усилиями только одной «верхушки» и сподручным чиновничьим аппаратом, а на основе обслуживающей его общественности, и в особенности научной. Именно этого и не хватало, главным образом, последние два десятка лет, когда власть была озабочена только одним, как ей удержать власть за собою.

Но и научная общественность должна быть самокритична и требовательна к самой себе. Она не должна быть только наблюдателем, что с ней творят «крутые реформаторы», которым вся наука была «до лампочки». Ни Гайдару, ни Чубайсу, ни многим их последователям, вышедшим из «одного гнезда», никакая наука вообще не была нужна, ибо она во время их действий могла быть для них только жестким оппонентом, желая оградить страну от того разрушения, до которого они как реформаторы довели страну.

Возвращаясь к исходной ситуации в России с лесной наукой и практикой, руководству страны рано или поздно придется возвращаться к восстановлению во многом утраченного научного потенциала. Даже стихия лесных пожаров, которая может вернуться при очередном повторении цикла, заставит заниматься всерьез упорядочиванием лесных дел в стране, начиная с федеральной вертикали управления лесами, ее инфраструктуры, системы межотраслевого взаимодействия, но при непременном условии научного и образовательного обеспечения как базы подготовки кадров и тех инноваций, которых ждет страна. Об этом мы уже писали ранее и здесь повторять не будем, сославшись лишь на те издания, в которых необходимые рекомендации были даны [7].

В заключение остановимся на отдельных выводах и рекомендациях по исправлению тех вывихов и допущенных изломов, которые негативно отразились на развитии лесной науки и практики. При этом воспользуемся напутствием Президента России Д.А.Медведева в связи с принятым им актом о повышении статуса Рослесхоза при подчинении непосредственно Правительству РФ и наделением его дополнительными полномочиями. Особый акцент при этом он сделал на необходимости провести детальную инвентаризацию всей системы управления лесами, лесного законодательства, в т.ч. принятого «Лесного кодекса РФ» с тем, чтобы внести соответствующие поправки и исправления (НТВ, 27.08.2010). Первый же заместитель председателя Правительства России В.А. Зубков, представляя В.Н. Маслякова как нового руководителя Рослесхоза, добавил предложение: в течение месяца разработать и представить Правительству РФ новую Концепцию развития лесного хозяйства России. Все это логично укладывается в рамки требований критической оценки исходной ситуации с учетом вызовов будущего. К выходу этой статьи, конечно, должна быть разработана и уже принята требуемая концепция; будут, очевидно, внесены изменения и в структуру управления. Может быть, дойдет руководство не только Рослесхоза, но и страны до смелости постановки вопроса о кардинальном пересмотре существующего лесного законодательства, резко усугубившего положение лесных дел в стране.

Но пока сохраняется опасение, удастся ли новому руководству Рослесхоза переломить до логического конца сложившуюся тревожную ситуацию и возможное противодействие тех либеральных реформаторов, которые принимали законодательные решения по управлению лесами на протяжении последнего десятилетия, руководствуясь интересами влиятельных представителей крупного спекулятивного капитала. Ведь все эти «игроки» остаются на арене, и вряд ли без боя они уступят свои позиции.

Все будет зависеть от первых лиц государства, которые, естественно, должны руководствоваться общественными, а не частными

интересами, и именно к ним возможно еще не раз придется адресоваться представителям лесной общественности, заинтересованным в упорядочивании лесных дел в стране. Руководствуясь именно такими соображениями, полагаем целесообразным высказать ряд положений.

Среди всех вопросов на повестке дня главным и неотложным является вопрос о системе управления лесами, находящимися в федеральной собственности. От способа решения именно этого вопроса зависят расстановка и способы решения всех других взаимосвязанных вопросов. Но по последнему Лесному кодексу РФ этот вопрос «загнан в угол» теми, кто на последующих этапах предполагал заняться «разгосударствлением» этих лесов и переводом их в др. формы собственности. Именно с этой целью федеральный орган в лице Рослесхоза был лишен права управлять федеральными лесами.

Сложилась довольно противоречивая ситуация. Сквозным лейтмотивом кодекса было разъединить «пользование» (через частный сектор) и «управление» государственными лесами (через госорганы), но, передав управление, владение и пользование лесами субъектам РФ, где они оказались совмещенными, нередко даже в одном «департаменте», ведающем всем комплексом лесных отраслей.

Теперь решили наделить Рослесхоз функциями государственного контроля и даже надзора. Но спрашивается, через какие «приводные ремни» ему прикажете это осуществлять? Ни на региональном, ни на местном уровне он не располагает соответствующими организациями. Но дело ведь не только в контроле как одной из функций управления лесами. На Рослесхоз теперь возлагается и выработка политики, и реализация ее на практике, т.е. на всех уровнях управления. А лесная политика в лесном хозяйстве может воплощаться и реализовываться лишь через соответствующую систему планирования, включая целевые федеральные, региональные и местные программы, иначе она выльется в беспочвенные декларации. Именно такой оказалась прошлая «Концепция развития лесного хозяйства до 2010 г.».

И потом, если мы передаем субъектам РФ в управление и пользование леса, то почему также не передаем «золотые прииски», газонефтяные и прочие месторождения. По логике, тогда и все природные ресурсы должны бы, казалось, быть переданными тоже субъектам РФ. Первый президент РФ Б.Н. Ельцин, чтобы укрепить свою власть, с этого и начал, заключая договора с руководителями отдельных субъектов РФ (Башкортостан, республики Коми и Карелии и др.), в которых природные ресурсы на их территории передавались им в собственность. Чтобы исправить этот законодательный «вывих», потребовалось приложить немало усилий; лишь в «Лесном кодексе РФ» 1997 г. была признана федеральная собственность на леса.

В идеале Рослесхозу в новом его статусе с дополнительными полномочиями целесообразно было бы укрепить федеральную вертикаль государственного управления лесами, передав ему соответствующие органы государственного управления лесами на региональном и местном уровнях, но при этом оставив субъектам РФ полномочия по передаче лесов в аренду и другие формы хозяйственного использования лесов. Это отвечало бы и заложенному в Лесной кодекс РФ (2006 г.) требованию о недопустимости совмещения в одном органе функций государственного управления лесами и хозяйственной деятельности в них. Сейчас во многих субъектах РФ эти функции совмещены в одном департаменте.

При отсутствии такого права руководство Рослесхоза для исполнения полномочия государственного контроля и надзора вынуждено будет создавать в субъектах РФ какие-либо параллельные органы (допустим, «филиалы департаментов лесного хозяйства федеральных округов»), что сведет их к роли только надзорных служб через вводимый аппарат инспекторов для проверки работы аппарата лесничеств. Но роль ревизоров не даст должного эффекта, что подтверждает опыт лесных инспекций в годы совнархозов.

О нецелесообразности отделения госконтроля от системы управления лесами писал еще проф. М.М. Орлов [2], подчеркивая,

что госконтроль должен не фиксировать нарушения, а не допускать их, т.к. при долгосрочной специфике лесовыращивания ошибки часто уже неисправимы. А для этого функция контроля должна быть составной частью системы управления.

Госконтроль – это лишь одна из функций системы лесоуправления, которую должен осуществлять Рослесхоз; эта система включает также учет лесов, организацию и планирование использования и воспроизводства лесов (на разных уровнях), отчетность, координацию деятельности субъектов лесных отношений, осуществление межведомственного взаимодействия и международного сотрудничества, научного обеспечения и подготовки кадров, законодательных инициатив и т.д. При осуществлении всех этих полномочий должны быть не только задействованы все уровни государственного управления лесами, но и приведены в целеустремленное взаимодействие, что немыслимо осуществить без управляющего начала из единого центра – федерального органа управления лесами. Этим, казалось бы, и должен заниматься Рослесхоз для осуществления возложенных на него полномочий.

Но для этого потребуется вносить существенные поправки в ныне существующий «Лесной кодекс РФ», в котором должны быть предусмотрены изменения в распределении полномочий между субъектами лесных отношений. В Лесной кодекс придется вводить отсутствующие в нем разделы по лесоуправлению, по лесному планированию, по лесоустройству, по статусу и функциям лесничеств и лесничих как управляющих государственными лесами, по государственному контролю, по экономическому механизму организации устойчивого пользования и управления лесами (включая рентные платежи и их распределение по финансовым потокам, стимулы и санкции).

Каждый из упомянутых разделов, упущенных или некорректно поданных в нынешнем кодексе, требует отдельного рассмотрения, учитывая ограниченные рамки данной статьи.

В данном заключении подчеркнем то важное положение, что *лесоуправление является широким понятием, органически объединяющим в единой системе меры, обеспечивающие достижение политических, социальных, экономических, природоохранных, культурных (духовных) целей, которые ставятся перед лесным хозяйством для обеспечения потребностей общества в расширяющемся ассортименте ресурсов и услуг леса.*

На Мировых лесных конгрессах не раз подчеркивалось, что любые значимые новшества для лесного хозяйства могут быть внедрены в практику только в том случае, если они учтены в механизме лесоуправления.

В лесоуправлении обобщаются все наиболее важные области знания, связанные с лесом как объектом управления. При этом и сам лес становится важнейшим предметом дальнейшего изучения, особенно в плане, какими должны быть ***«Леса Будущего»*** как ***«идеал хозяйственного леса»*** (выражение проф. Г.Ф. Морозова), который бы удовлетворял многосторонним потребностям людей. К этой проблеме испокон веков приковывалось внимание исследователей. История показала, что односторонняя погоня за прибылью, игнорируя многостороннее значение лесов для человечества, нанесла непоправимый урон лесам. Это испытали на себе и европейские страны, в т.ч. Германия – «колыбель мировой лесной науки и практики», когда в погоне за быстрым повышением доходности лесов были сведены экологически устойчивые и продуктивные смешанные, сложные разновозрастные дубравы и буковые леса и заменены на экологически неустойчивые быстрорастущие хвойные монокультуры. В России по этой же причине были потеряны корабельные дубравы. Восстановление таких лесов требует длительного времени, и не каждой стране эта задача посильна. Франции после революции потребовалось более сотни лет, чтобы залечить раны, нанесенные лесам.

В России леса вдоль транзитных транспортных магистралей настолько истощены, что требуют серьезных мер для оздоровления и последующего повышения продуктивности. Но для этого требуется вначале упорядочить лесоуправление как меры первоочередной, важнейшей и неотложной.

Хотелось бы надеяться, что укрепление федерального органа управления лесами послужит этому важнейшему началу. А все лесные сообщества, в т.ч. в особенности научное, должны всячески способствовать этому, чему и посвящена данная статья.

Библиографический список

1. Арнольд, Ф.К. История лесоводства. – Репр. изд. 1895 г. / Ф.К. Арнольд. – М.: МГУЛ, 2004. – 411 с.
2. Орлов, М.М. Лесоуправление как исполнение лесоустроительного планирования / М.М. Орлов. – М.: Лесная пром-сть, 2006. – 479 с.
3. Вейнберг, Я. Лес. Значение в природе и меры к его сохранению / Я. Вейнберг. – М., 1884. – 563 с.
4. Мелехов, И.С. Очерк развития науки о лесе в России / И.С. Мелехов. – М.: АН СССР, 1957. – 207 с.
5. Редько, Г.И. История лесного хозяйства России / Г.И. Редько, Н.Г. Редько. – М.: МГУЛ, 2002. – 458 с.
6. Тихонов, А.С. История лесного дела / А.С. Тихонов. – Калуга: Издательский педагогический центр «Гриф», 2007. – 328 с.
7. Санаев, В.Г. Состояние и основные направления научно-технического и кадрового обеспечения лесного сектора экономики РФ / В.Г. Санаев, Н.А. Моисеев, Г.А. Курносов. – М.: МГУЛ, 2007. – 94 с.
8. Интегрированное управление лесами при неистощительном многоцелевом использовании их в условиях рыночной экономики. Материалы конференции IUFRO, 5-12.09.1992. – М.: ВНИИЛМ, 1993. – 280 с.
9. Экономические и правовые аспекты управления лесами. Материалы конференции IUFRO, 20-23.06.1994. – М.: ВНИИЛМ, 1994. – 202 с.
10. Планирование и принятие решений по управлению лесами в условиях рыночной экономики. Материалы конференции IUFRO. – М.: ВНИИЛМ, 1996. – 240 с.
11. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе. Избранные труды в трех томах. Том I / Г.Ф. Морозов. – М.: изд. Почвенного института им. В.В. Докучаева, 1994. – 459 с.
12. Морозов, Г.Ф. Избранные труды в трех томах. Том III / Г.Ф. Морозов. – М.: изд. Почвенного института им. В.В. Докучаева, 1994. – 304 с.
13. The forest and Man. Academia Italiana di Scienze Forestali. Florence, 1997.

METHODOLOGY FOR OPTIMIZATION OF COORDINATED FORESTRY, BIOENERGY AND INFRASTRUCTURE INVESTMENTS WITH FOCUS ON RUSSIAN FEDERATION

PETER LOHMANDER, *Professor Department of Forest Economics, Faculty of Forest Science, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), SE – 901 83 Umea, Sweden*

peter@lohmander.com; plohmander@hotmail.com

Russian Federation has a very large sustainable forest harvesting potential

In large regions of the world, such as Russian Federation and Canada, the potential future sustainable forest harvesting levels are several times higher than present harvesting. At an international forest sector symposium in Russia, March 2009, Lohmander showed that all kinds of forest raw material dependent activities in Russian Federation can be very strongly increased [1]. “International regional” studies followed [2], an international research agenda with partners from most parts of the world was developed [3], [4], an analysis of Canada [5] and a presentation for Chile [6] were developed.

Analysis of the forest sector of Russian Federation and an important opportunity to cooperate with European Union

In Russian Federation, the utilization of the forest resources can be very strongly increased in a sustainable way. It is possible to increase the industrial utilization of raw materials from the forests, such as stem wood and other assortments, irrespective of how these assortments are distributed between saw mills, pulp mills and companies in the energy industry.

The complex problems of the global system with green house gases and global warming and the level of the carbon stock in the forests, has become a dominating topic in all media and conferences during the latest years. With increas-

Figure 1. Russian Federation has the largest forest in the world and the harvest can be very strongly increased in a sustainable way. Sources: Lohmander [1, 2, 8, 10]

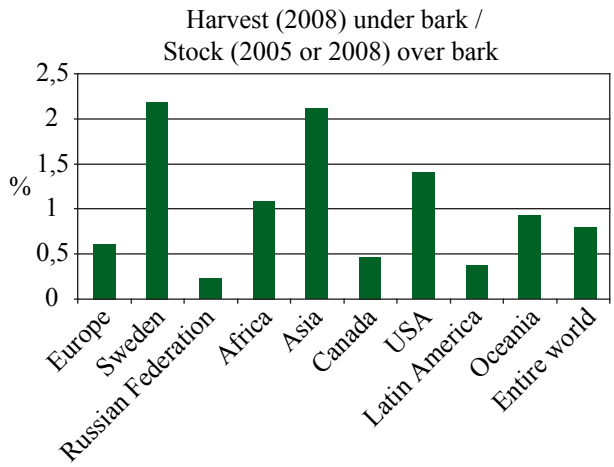


Figure 2. The ratios between harvest levels and stock levels in different regions. Sources: FAO and Lohmander [10]

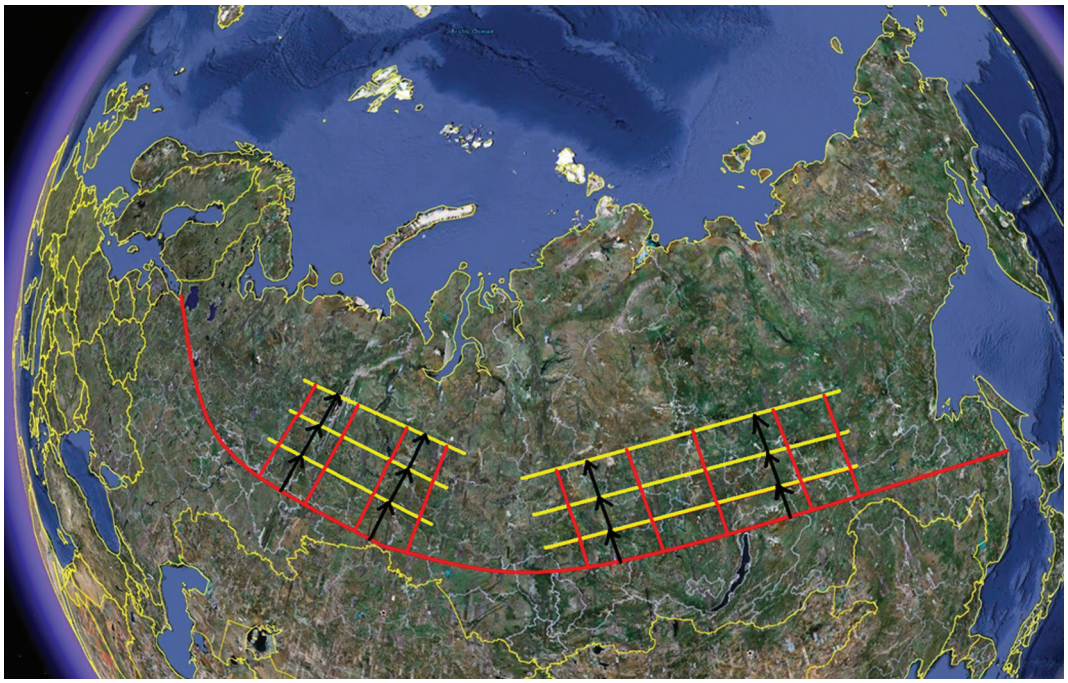


Figure 3. Sequential expansion of infrastructure such as railroads and roads. Investments in infrastructure and forest sector activities, such as harvesting and plantation, should be optimized in combination. Lohmander [1, 10]

ing utilization of the production potential of the forests, the forests can capture more CO2 from the atmosphere and we may solve the global warming problem. When we harvest a forest and use the timber to build wooden houses, bridges and other constructions, the carbon that was originally captured by and stored in the forest is moved to the constructions. When we harvest the forest, the forest land is released and can be used for a new plantation. This new plantation can absorb even more CO2 from the atmosphere. In case we do not use the old forest and harvest it, the forest net growth sooner or later stops. Then, the forest does not contribute to the net uptake of CO2 anymore.

For these reasons, European Union, EU, has defined a target for renewable energy. It says that EU should have at least 20 % renewable energy in the year 2020. In the year 2007, the gross inland energy consumption of EU was 1806 Mtoe or 21000 TWh. The renewable energy represented 7,8 %. Hence, EU needs 2563

$$\max_{(x_1,\ldots,x_T)} \Pi = \sum_{t=1}^{T} e^{-rt} P_t(h_t) h_t - C(.)$$

Π Total present value (M EURO)

t Period (year)

T Time horizon (year)

x_t Advancement during period t (km)

r Rate of interest

h_t Harvest volume during period t (M m3)

$P_t(h_t)$ Net price = Price minus variable harvesting costs per cubic metre (EURO/m3)

$C(.)$ Costs of infrastructure investments and other costs not included in $P_t(h_t)$ (M EURO)

Figure 4. Structure of the objective function of one of the forestry and infrastructure investment optimization models in Lohmander [10]

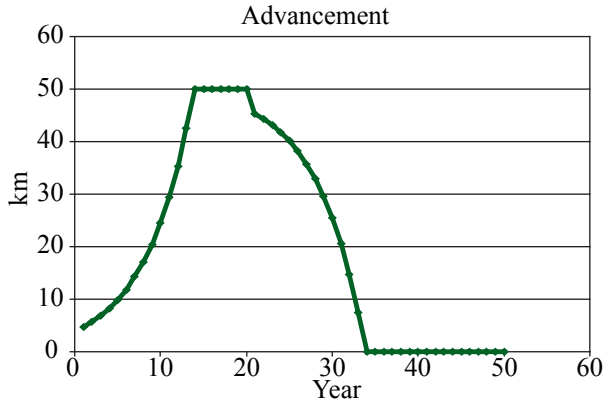


Figure 5. The optimal advancement, expansion of infrastructure and forestry, from south to north, in Siberia, over time, in one of the cases studied in Lohmander [10]

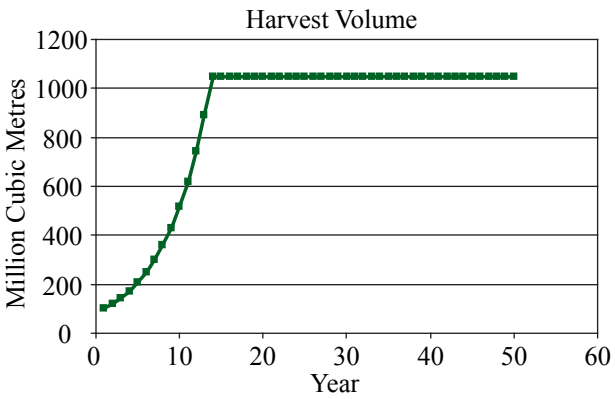


Figure 6 The optimal harvest volume in a central part of Siberia, over time, in one of the cases studied in Lohmander [10]

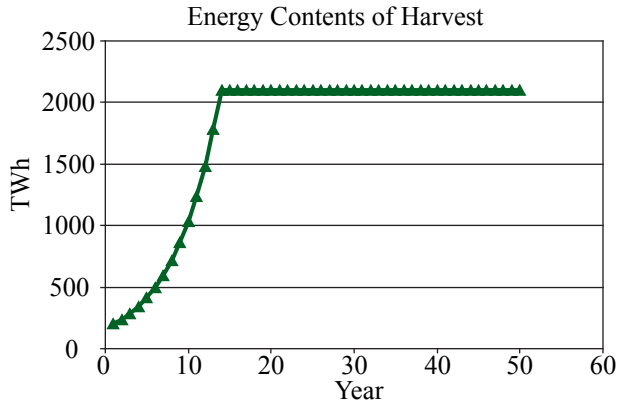


Figure 7. The renewable energy from a part of Siberia, over time, in one of the cases studied in Lohmander [10]

TWh more of renewable energy, each year, in order to meet the 20 % target of the year 2020. This amount of renewable energy can for instance be found in approximately 1300 million cubic metres of wood. All the background figures, references and derivations are found in Lohmander [10]. Russian Federation and EU now have the opportunity to cooperate. Both parties would benefit very much from such cooperation. If we use a part of the forest resources of Russian Federation for this purpose, exporting energy wood to EU, we can meet the 20 % renewable energy target in EU and at the same time generate a considerable economic profit in Russian Federation.

The general structure of the optimization problem of coordinated expansion of sustainable forest and bio energy supply chains, infrastructure and industrial plants has been studied. Alternative dynamic optimization models have been defined. Optimal solutions have been derived for alternative cases and conclusions have been made. Capacities of industries of different kinds, using raw materials from the forests, should be strongly expanded. This also leads to increased employment in all concerned regions over an infinite horizon.

Conclusions

In Russian Federation, the potential sustainable forest harvesting level is more than ten times higher than present harvesting. A part of the forest resource may be used as a sustainable source of energy in EU, where the target is 20 % renewable energy in the year 2020. The plan, briefly presented in this paper, makes sure that Europe will get the desired amount of renewable energy. At the same time, the EU climate targets can be met and considerable profits are generated in Russian Federation. According to one optimized case presented in Lohmander [10], it should be possible to generate profits with a present value of ap-

proximately 200 billion EURO. Of course, with more detailed numerical background information, it would be possible to derive a more exact profitability estimate. Now, the next important step is to make sure that concrete negotiations between the involved parties are initiated and that the real solution comes true.

References

1. Lohmander, P., Strategic options for the forest sector in Russia with focus on economic optimization, energy and sustainability, (Full paper in English with short translation to Russian), ICFFI News, Vol. 1, Number 10, March 2009, http://www.Lohmander.com/RuMa09/RuMa09.htm International seminar, ECONOMICS OF FORESTRY AND FOREST SECTOR: ACTUAL PROBLEMS AND TRENDS, St Petersburg, Russia, March 2009, http://www.lohmander.com/RuMa09/ProgramRuMa09.pdf
2. Lohmander, P., Strategiska möjligheter för skogssektorn i Ryssland, Nordisk Papper och Massa, Nr 2, 2009, http://www.Lohmander.com/PL_NPM_2_2009.pdf http://www.Lohmander.com/PL_RuSwe_09.pdf , http://www.Lohmander.com/PL_RuSwe_09.doc
3. Lohmander, P., Rational and sustainable international policy for the forest sector – with consideration of energy, global warming, risk, and regional development, 2009-08-05, http://www.lohmander.com/ip090805.pdf
4. Lohmander, P., Strategiska möjligheter för skogssektorn i Ryssland, SkogsSverige 2009-08-10, http://www.skogssverige.se/nyheter/nyhetsdokument/PL_NPM_2_2009.pdf
5. Lohmander, P., Strategic options for the forest sector in Canada with focus on economic optimization, energy and sustainability – Motives for integration in a global project, Presentation at the Canadian Embassy in Stockholm, Sweden, Monday 2009-08-17, http://www.lohmander.com/CanEmbPL090817.ppt, ttp://www.lohmander.com/CanEmbPL090817.pdf
6. Lohmander, P., Rational and sustainable international policy for the forest sector with consideration of energy, global warming, risk and regional development, Chilean Embassy (Vinnova) in Stockholm, 2009-10-07, http://www.lohmander.com/IntPres091007.ppt
7. Lohmander, P., Derivation of the Economically Optimal Joint Strategy for Development of the Bioenergy and Forest Products Industries, European Biomass and Bioenergy Forum, MarcusEvans, London, UK, 8-9 June, 2009, http://www.lohmander.com/London09/London_Lohmander_09.ppt & http://www.lohmander.com/London09.pdf
8. Lohmander, P., Optimum Combination of Biomass Production with Investments in Infrastructure, Abstracts, European Biomass and Bioenergy Forum, September 13-15, 2010 http://www.lohmander.com/EBBF_2010_Lohmander.ppt http://www.lohmander.com/EBB_2010.pdf
9. Lohmander, P., Zazykina, L., Rational and sustainable utilization of forest resources with consideration of recreation and tourism, bioenergy, the global warming problem, paper pulp and timber production: A mathematical approach, Proceedings of the II international workshop on Ecological tourism, Trends and perspectives on development in the global world, Saint Petersburg Forest Technical Academy, April 15-16, 2010 http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.doc http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.ppt http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf
10. Lohmander, P., "Methodology for optimization of coordinated forestry, bioenergy and infrastructure investments with focus on Russian Federation", Forests of Eurasia, Moscow, 2010, Complete power point presentation with all derivations and graphs: http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Lohmander_Moscow_2010.ppt

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА: ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД

В.В. КОЗОДЕРОВ, *заведующий сектором космического землеведения МГУ им. М.В.Ломоносова, д-р физ.-мат. наук,*
Е.В. ДМИТРИЕВ, *с. н. с. Института вычислительной математики РАН, канд. физ.-мат. наук*

vkozod@mes.msu.ru; yegor@inm.ras.ru

В условиях постоянного увеличения пространственного и спектрального разрешения аэрокосмических изображений, уточнения координатной привязки и составления ортофотомозаик выбранной территории данные дистанционного зондирования начинают играть инфраструктурную роль. В сети Интернет можно найти самые разнообразные данные космического зондирования, доступность которых способствует замещению тра-

диционных картографических материалов данными космической съемки. Инфраструктура пространственных данных (ИПД), как составная часть «электронного правительства», в кадастровых, геоинформационных и других системах имеет непосредственное отношение к оказанию услуг в сфере земельно-имущественных отношений, строительства, где велика роль бизнеса. При этом пакеты прикладных программ обработки данных аэрокосмического зондирования (ERDAS, ENVI и др.), поставляемые зарубежными фирмами, содержат лишь некоторые стандартные процедуры классификации объектов по их аэрокосмическим изображениям.

Конкуренция разработчиков космических систем с пространственным разрешением менее 1 метра, но с малым числом спектральных каналов, приводит к особой востребованности информационной продукции обработки данных именно такого разрешения со стороны пользователей для целей ИПД. Однако наиболее доступными являются данные систем многоспектрального зондирования (число каналов обычно не превышает десяти) с пространственным разрешением в десятки и сотни метров. Возможности космических систем гиперспектрального зондирования (сотни спектральных каналов) до конца не ясны, как и создание вычислительных сред для развития возникающих новых приложений. Традиционные приложения развиваются в форме создания географических информационных систем (ГИС), интегрирующих базы данных различного назначения. В России основной акцент в ГИС сделан на среду ESRI (Environmental Systems Research Institute), программная составляющая которой невелика по сравнению с вкладом специалистов в области географии, геодезии, картографии и смежных наук. В то же время хорошо известна среда Matlab, в которой сосредоточены основные приложения методов вычислительной математики. При обработке данных гиперспектрального зондирования, когда требуется оптимизация числа спектральных каналов в заданной предметной области, возрастает роль этой среды как связующего звена между традиционными подходами и новыми приложениями [1].

Данные гиперспектрального аэрокосмического зондирования позволяют использовать тонкую структуру регистрируемых спектров для повышения информационного содержания обрабатываемых изображений. Имея спектральное разрешение в единицы нанометра, эти данные содержат информацию о линиях и полосах поглощения излучения в указанной области спектра различными соединениями атмосферы и земной поверхности. Вместе с тем, большое число спектральных каналов усложняет проблему классификации природно-техногенных объектов по данным гиперспектрального зондирования, так как данные этих каналов могут быть зависимы (или даже линейно зависимы). Следствие взаимной зависимости каналов – неустойчивость решаемых систем алгебраических уравнений, относящихся к разным каналам и обучающим пикселам, которые характеризуют выбранные классы объектов. Возникает необходимость обоснования оптимального числа каналов, способствующих решению задачи распознавания указанных объектов с заданной точностью. Требуется выделить определенный набор этих объектов на обрабатываемом гиперспектральном изображении путем представления всего множества измерительных данных в виде, удобном для визуализации пространственного распределения зарегистрированных пикселей, провести оконтуривание выделенных объектов с расчетом средних спектров и их изменчивости в пределах этих контуров и осуществить обучение используемого классификатора по соответствующей тестовой выборке. Итогом реализации перечисленных этапов обработки гиперкубов данных (две пространственные координаты и длина волны) является распознавание выделенных классов природно-техногенных объектов путем экстраполяции обучающих данных на все пиксели обрабатываемого гиперспектрального изображения.

В работах [2–5] показаны примеры обработки данных аэрокосмического зондирования с использованием оригинального программного обеспечения, основанного на новейших разработках в области вычислительной математики с учетом новой поста-

новки задачи по решению прямой задачи формирования интенсивности уходящего излучения и обратной задачи восстановления параметров, характеризующих состояние наблюдаемых объектов. Результаты основаны на приложениях унифицированного программного обеспечения по распознаванию образов многоспектральных и гиперспектральных изображений и оценке параметров состояния объектов для каждого элемента обрабатываемых изображений.

В работе [2] рассматриваются новые подходы к восстановлению объема фитомассы и других параметров состояния растительности (породный состав лесных насаждений, тип межкроновой растительности и др.) по данным многоспектрального космического зондирования. Продемонстрированы примеры получения новой информационной продукции при обработке изображений аппаратуры MODIS/Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer («Видеоспектрорадиометр среднего разрешения») спутника Terra среднего пространственного разрешения при использовании абсолютных энергетических характеристик данной измерительной системы и результатов моделирования полей уходящего излучения. В работе [3] продемонстрированы технологические аспекты решения соответствующих прикладных задач по многоспектральным космическим изображениям высокого пространственного разрешения. Использовались данные аппаратуры ETM+/ Enhanced Thematic Mapper («Усовершенствованный тематический картограф») спутника Landsat-7. В работе [4] рассматриваются приложения указанных методов, алгоритмов и расчетных программ для обработки данных летных испытаний гиперспектральной аппаратуры видимого и ближнего инфракрасного диапазонов спектра. Важнейшая особенность созданного универсального программного обеспечения в том, что оно применимо как при обработке многоспектральных данных MODIS (пространственное разрешение около 500 метров), ETM+ (пространственное разрешение около 30 метров), так и гиперспектральных данных (пространственное разрешение около 1–2 м с высоты 1.5–2 км).

Известные кривые спектральной отражательной способности различных соединений служат основой распознавания образов природно-техногенных объектов по данным гиперспектрального зондирования [6]. В неорганических соединениях, таких как минералы, химический состав и кристаллическая решетка контролируют форму спектральной кривой отражения света и положение характерных линий и полос его поглощения. Такое селективное поглощение вызвано наличием тех или иных химических элементов и ионов, геометрией химических связей между элементами.

Типичным при обработке данных многоспектрального аэрокосмического зондирования является индексное приближение. Например, хорошо известно отображение результатов обработки таких изображений в терминах «вегетационного индекса нормализованной разности» (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI). Слабости использования этого приближения были учтены в процессе создания нового программного обеспечения. Эти слабости связаны с тем, что при построении индексов используются какие-то специально выбранные длины волн дистанционного зондирования [7]. Если же имеются сотни спектральных каналов гиперспектрального зондирования, то постановка задачи требует либо использования данных всех каналов, либо обоснования оптимального числа каналов, обеспечивающих решение прикладных задач с заданной точностью. Кроме того, индексы нельзя увязать с весовыми характеристиками растительности на заданной площади, с которыми имеют дело региональные специалисты по управлению лесными и другими ресурсами. Новые результаты распознавания природно-техногенных объектов и восстановления параметров состояния лесной растительности (объем фитомассы листвы/хвои и др.) для соответствующих пикселей гиперспектральных изображений показаны в работе [8].

Приложения методов аэрокосмической гиперспектрометрии основаны на использовании следующих вычислительных процедур: выбор спектров объектов для

обучения; рассмотрение признакового пространства исходных данных дистанционного зондирования; построение классификаторов для распознавания объектов. Способ решения прикладных задач распознавания образов природно-техногенных объектов и оценки параметров их состояния по гиперспектральным данным аэрокосмического зондирования запатентован в Российской Федерации [9]. Одновременно получаются авторские свидетельства на отдельные элементы программного обеспечения обработки данных гиперспектрального зондирования [10]. В итоге реализации этого инновационного подхода к обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений отрабатываются составные элементы технологии решения рассматриваемых прикладных задач с акцентом на оценку параметров биологической продуктивности лесной растительности разного породного состава, возраста и бонитета. В данной публикации показаны некоторые примеры летных испытаний гиперспектральной аппаратуры разработки НПО «Лептон», г. Зеленоград, работающей в области длин волн 400–1000 нм (около 200 спектральных каналов), на выбранной тестовой территории Савватьевского лесничества в Тверской области.

Некоторые примеры реализации предлагаемого подхода

Один из важных элементов создаваемой технологии – обоснование возможности использования ансамблей обучающих спектров для различных самолетных треков. В данной работе рассматривается идеализированная задача – сравнение результатов классификации смежных треков, полученных в течение одного и того же дня. В случае устойчивости результатов измерений и предлагаемых методов обработки результаты классификации должны иметь схожие точности.

В ходе измерительных кампаний 2011 г. были получены два смежных трека в районе аэропорта Змеево близ г. Тверь (рис. 1). Дата и время съемки составляют 2011-08-12/12-27-53 и 2011-08-12/12-35-44. Высота полета над поверхностью земли приблизительно 2010 м, а над поверхностью леса – 1995 м. Размер пикселя в направлении, перпендикулярном траектории полета, составил 1.12 м, а ширина полосы захвата – 560 м.

Продольный размер можно оценить, рассчитав отношение длины трека к числу кадров. Так для трека 2011-08-12/12-27-53 размер пикселя вдоль траектории полета составит 0.66 м. Средние скорости пролета составляют для обоих треков, соответственно 148 и 151 км/ч, т.е. различие продольных размеров пикселей составляет около 2 % (1.3 см).

Различия по высоте полета также невелики. Так, для трека 2011-08-12/12-27-53 средняя высота над уровнем моря составила 2141 м, минимальная – 2133 м, а максимальная 2147м. В то же время для другого трека средняя высота отличается всего на 3 метра и составляет 2138 м, минимальная и максимальная высоты практически совпадают (соответственно 2133 м и 2146 м). Следовательно, поперечные размеры пикселей можно считать совпадающими.

По указанным выше трекам были построены смежные сцены, условно названные Zmeevo1 и Zmeevo2. Соответствующие им RGB-синтезированные изображения приведены на рис. 2. Сцены были совмещены по первому и последнему кадру. Для совмещения кадров были использованы хорошо заметные антропогенные объекты.

Как можно видеть из данных рис. 2, выделенные сцены достаточно хорошо соответствуют друг другу по пространству. Однако существуют и видимые глазом артефакты. Они возникают как по причине бокового сноса самолета, так и в связи с техническими ограничениями компенсационных воздействий используемой гиро-стабилизированной платформы, на которую устанавливалась аппаратура в процессе полетов.

Для повышения устойчивости решения задачи распознавания и уменьшения шумовой компоненты в каналах сине-фиолетовой области при преобразовании исходных данных видеосигнала в калиброванные данные гиперспектрометра был использован программный биннинг. Таким образом, разрешение прибора было редуцировано до 5 нм на канал (в каналах инфракрасной области

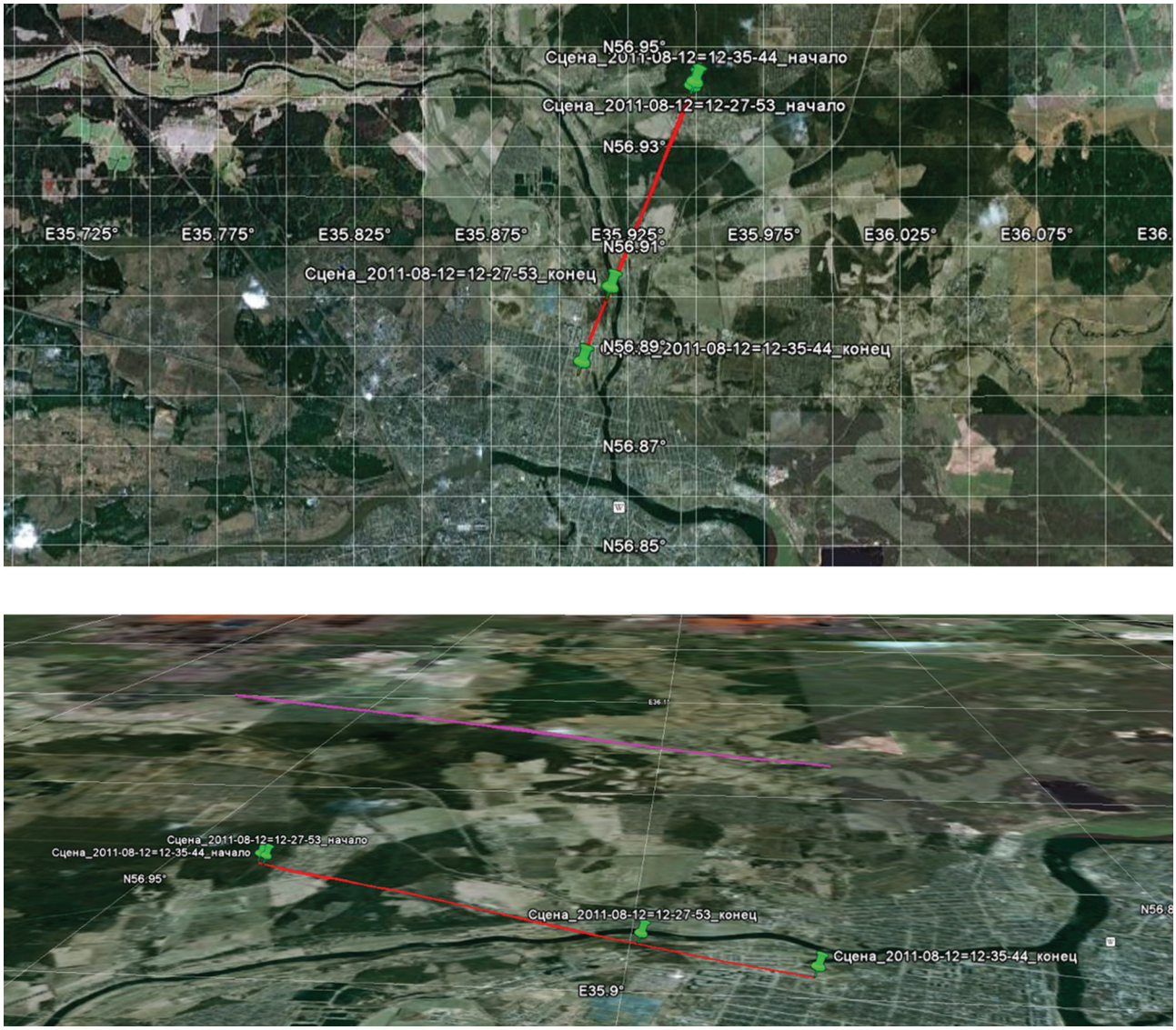


Рис. 1. Пролет по смежным траекториям, район аэропорта Змеево, Тверская область (система GoogleEarth). Верхний рисунок – совмещение наземных проекций траекторий, нижний – совмещение на высоте полета

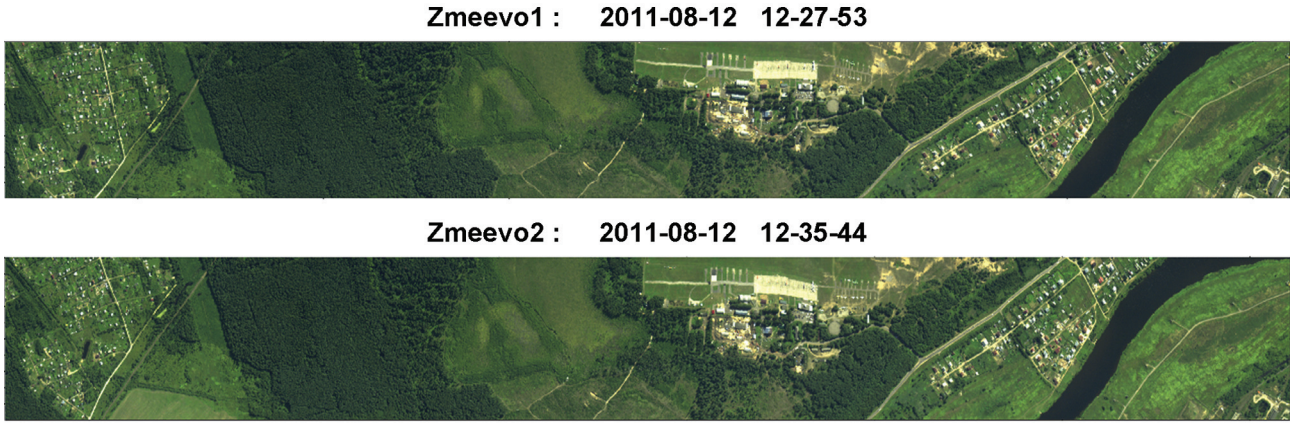


Рис. 2. Синтезированные RGB изображения смежных треков: верхний рисунок – сцена Zmeevo1 (дата/время съемки 2011-08-12/12-27-53), нижний – сцена Zmeevo2 (дата/время съемки 2011-08-12/12-35-44). Крайние кадры указанных сцен совмещены по хорошо заметным антропогенным объектам

Таблица 1

Размеры ансамблей обучающих выборок. Желтым цветом выделены объекты, представляющие основные группы (выбор каналов)

Объект	Число спектров
Вода, река Тверца	**5712**
Вода, пруд	411
асфальтовая дорога	**819**
Асфальт, круг в аэропорту	856
Асфальт, полоса для самолетов	275
Асфальт, стоянка перед аэропортом	372
лес лиственный, аэропорт	**7764**
Деревья вдоль реки Тверца	1129
лес хвойный, аэропорт	**4820**
лес, преимущественно хвойный, нижняя часть изображения	6067
лес, преимущественно хвойный, центр изображения	11578
Луговая растительность 1	7458
Луговая растительность 2	**4283**
Луговая растительность 3	10417
грунтовая дорога	343
песчаный участок	**751**
песчаный участок в лесу	627
площадка для вертолетов	5142
Поросль на просеке	**2950**
Поросль справа от лесного массива	4626

редуцирования не производилось, поскольку их ширина превышает указанную величину).

Для проведения численных экспериментов по распознаванию природно-техногенных объектов было выделено 20 обучающих ансамблей спектров, соответствующих основным характерным классам рассматриваемых сцен Zmeevo1 и Zmeevo2. Все обучающие ансамбли были выделены для сцены Zmeevo1. Смежная с ней сцена использована для валидации результатов распознавания.

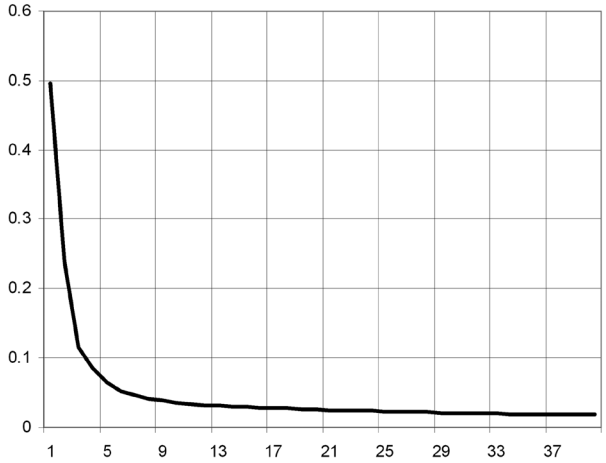


Рис. 3. Изменение полной вероятности ошибки при добавлении новых спектральных каналов

Размеры обучающих ансамблей представлены в табл. 1.

Для распознавания объектов были выделены наиболее информативные каналы. Информативность каналов оценивалась с помощью метода последовательного дополнения. В качестве основного подхода классификации с учителем использовался квадратичный дискриминантный анализ. Исследование информативности спектральных каналов производилось с привлечением как всей обучающей информации, так и информации по основным классам (выделены желтым в табл. 1). В качестве параметра отбора использовалась полная вероятность ошибки многоклассовой классификации. Для остановки использовались параметрические критерии значимости редукции данного параметра.

Процесс уменьшения полной вероятности ошибки в случае использования всех обучающих ансамблей представлен на рис. 3. Можно заметить, что уже после 6-го канала, уменьшение априорной ошибки классификации становится достаточно малым. Приблизительно при использовании 19 каналов (в зависимости от выбранного уровня значи-

Таблица 2

Результаты определения наиболее информативных спектральных каналов. NN – номера каналов, WL – центральные длины волн, total – использовались все обучающие выборки, main – только для основных объектов, WLmean – среднее значение между WLtotal и WLmain, final – результат поиска длин волн методом наиближайшего соседа

NNtotal	1	13	18	20	39	42	47
WLtotal	404.2129	468.0563	495.9305	506.8479	619.6382	636.7114	669.3778
NNmain	1	2	22	27	38	40	43
WLmain	404.2129	409.4484	518.3459	547.4105	614.2964	625.1496	642.7817
WLmean	404.2129	438.7523	507.1382	527.1292	616.9673	630.9305	656.0797
NNfinal	1	8	20	24	39	41	45
WLfinal	404.2129	441.3371	506.8479	529.097	619.6382	630.8378	655.5761

48	52	55	57	58	59	70	73
676.7204	709.7494	736.5849	747.3884	753.0188	758.8099	834.9063	860.3731
44	49	50	53	54	58	67	76
649.0636	684.398	692.4415	719.0795	728.9112	753.0188	811.6657	888.342
662.892	697.0737	714.5132	733.234	740.965	755.9144	823.286	874.3575
46	51	53	55	56	58	69	75
662.3395	700.8816	719.0795	736.5849	741.9124	753.0188	826.9257	878.724

75	80	81	83
878,724	930,0024	941,2657	964,8816
79	80	81	83
919,0886	930,0024	941,2657	964,8816
898,9063	930,0024	941,2657	964,8816
77	80	81	83
898,2686	930,0024	941,2657	964,8816

мости) добавление последующих не приводит к значимому уменьшению погрешности классификатора.

Результаты выбора оптимальных спектральных каналов представлены в табл. 2. Первые две строчки таблицы содержат соответственно номера и центральные длины волн оптимальных каналов гиперспектрометра (в рамках рассмотренных сцен) при использовании всей обучающей информации. Следующая пара строк соответствует номерам и центральным длинам волн каналов при использовании информации об основных классах объектов.

Как известно, методика последовательного дополнения достаточно неустойчива к варьированию обучающих ансамблей. Так и в нашем случае мы получили несколько различающиеся ситуации. Для получения конечного результата по выбору оптимального набора каналов, по значениям длин волн, обозначенных как WLtotal и WLmain, были найдены средние длины волн. Они не совпадают с исходными центральными длинами волн гиперспектрометра. Таким образом, конечные номера и центральные длины волн спектральных каналов были найдены с помощью метода наиближайшего соседа. Результаты представлены в последних двух строках табл. 2.

Полученные обучающие ансамбли были использованы для решения задачи распознавания на выбранных сценах (соответственно Zmeevo1 и Zmeevo2). Для исключения влияния изменений интенсивности падающей радиации гиперспектральные данные были нормализованы на соответствующие каждому пикселю интегральные яркости. То же было проделано и с ансамблями обучающих спектров.

Поскольку исходные сцены достаточно велики по объему информации, содержащейся в них, проанализируем результаты

распознавания для некоторых выделенных участков. Первый из них расположен южнее аэропорта Змеево (рис. 4) и имеет кодовое название Soil, поскольку содержит значительные участки открытых песчаных почв.

На рис. 5 приведены результаты классификации объектов на сцене Soil. Показанные классы являются составными – объединены различные типы древесной растительности, травянистой растительности, открытых песчаных почв и асфальта дорожной сети. Фиолетовым цветом показаны объекты, не вошедшие в исходную базу обучающих спектров.

Сравнение с объектами, визуально различимыми на синтезированном RGB изображении смежных сцен, показывает весьма хорошее качество распознавания. Древесная и луговая растительность классифицировались практически точно. Наибольшие ошибки классификатора соответствуют открытым песчаным почвам. Так, рассмотрев результаты классификации в левом верхнем углу рис. 5, можно заключить, что в случае, когда травянистая растительность находится в угнетенном состоянии и перемежается с открытыми почвами, пиксели ошибочно классифицируются как песок, вместо того, чтобы классифицироваться как прочие объекты.

Поскольку, увеличение априорной вероятности прочих объектов даже на порядок не приводит к требуемой классификации, можно заключить, что в исходный априорный ансамбль вошли пиксели открытой песчаной почвы с травянистой растительностью, лежащие в полутени растительности. В подтверждение сказанного можно привести пример в правом верхнем углу изображения, где тени на границе древостоя классифицировались как прочие объекты. Также классифицировались пиксели вдоль асфальтовой дороги, лежащие на границе обочины и прилегающего травяного покрова.

Можно отметить хорошее соответствие результатов классификации между смежными сценами. Имеющиеся несоответствия в подавляющем большинстве случаев вызваны различием геометрических искажений исходных треков. Поскольку обучающие выборки для проведения обоих классификаций были взяты только со сцены Zmeevo1, то полученное соответствие говорит о высокой стабильности гиперспектральной съемки. Отметим также, что время накопления ПЗС-матриц используемой аппаратуры при получении изображений смежных сцен не было постоянным. Соответствие полученных результатов свидетельствует о том, что диапазон линейности калибровки гиперспектрометра вполне пригоден для автоматизации разделения градаций спектральных характеристик наземных объектов. В противном случае мы бы имели существенно отличающиеся результаты распознавания.

Далее рассмотрим сцены Tvertza, содержащие крупный водный объект – река Тверца. Соответствующие синтезированные RGB изображения представлены на рис. 6. Указанные сцены содержат также антропогенные объекты в виде крыш построек (преимущественно металлических), различные виды луговой растительности, открытые песчаные почвы в виде дорожной сети и небольшое количество деревьев, растущих вдоль берега реки и точечно на участках.

Для данных сцен при представлении результатов распознавания (рис. 7) более детально представлена луговая растительность. Обучающие выборки были выделены на основе характерных цветов и форм участков травянистой растительности, обычно указывающих на различные видовые составы. Прибрежная лиственная растительность была включена как отдельный объект при построении обучающего ансамбля.

Как и на предыдущих сценах, большая часть прочих объектов соответствует крышам строений. Также можно видеть, что водная поверхность у берегов существенно отличается по спектру от воды в центральной части реки, из которой набирались обучающие спектры. Это может быть связано как с влиянием дна, так и с наличием небольшого цветения воды. При распознавании древесной растительности возникают ложные классификации хвойных пород на берегу реки, причем при переходе к смежной сцене данная ошибка исчезает, что, возможно, сигнализирует о возникновении локальных атмос-

Zmeevo 1 Zmeevo 2

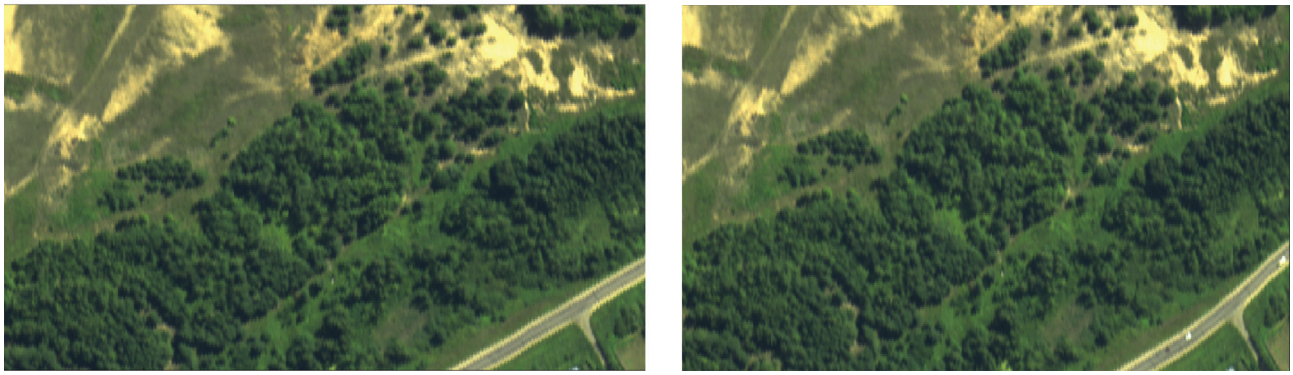


Рис. 4. Смежные сцены с наличием открытых почв, луговой и лесной растительности. Из антропогенных объектов присутствует участок асфальтовой дороги. Кодовое название – Soil

Zmeevo 1 Zmeevo 2

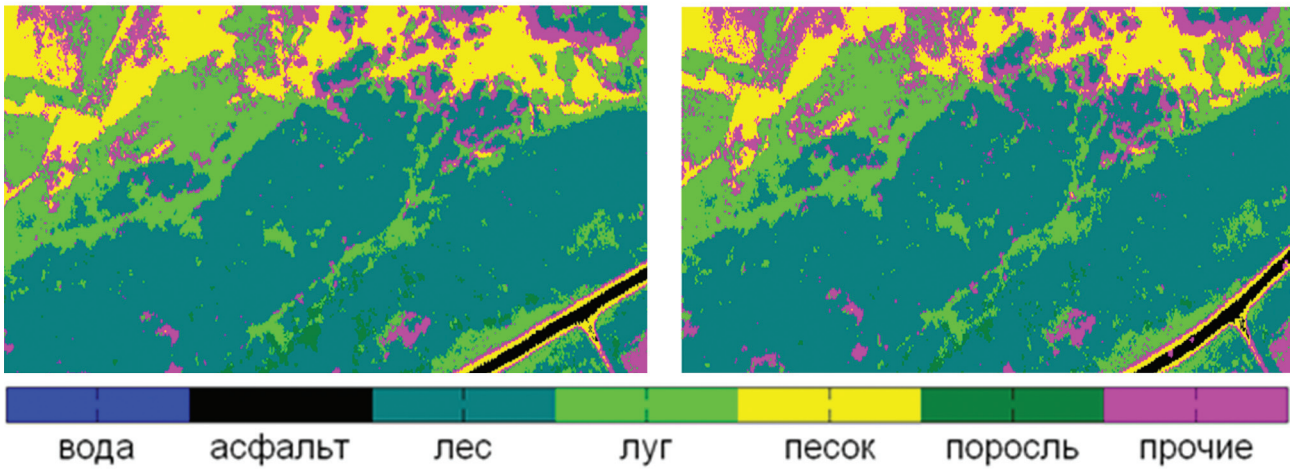


Рис. 5. Результаты распознавания объектов для смежных сцен Soil

Zmeevo 1 Zmeevo 2

Рис. 6. Смежные сцены с наличием речной водной поверхности (р. Тверца). Антропогенные объекты представлены крышами строений. Растительный покров составляет в основном луговая растительность. Кодовое название – Tvertza

ферных помех либо означает недостаточную репрезентативность обучающей выборки для прибрежной зоны. Также следует отметить ложную классификацию водной поверхности в тени некоторых строений.

Несмотря на указанные неточности, в целом объекты сцен Tvertza распознаются достаточно хорошо. Рассматривая соответствие результатов распознавания между смежными сценами, следует отметить видимые различия

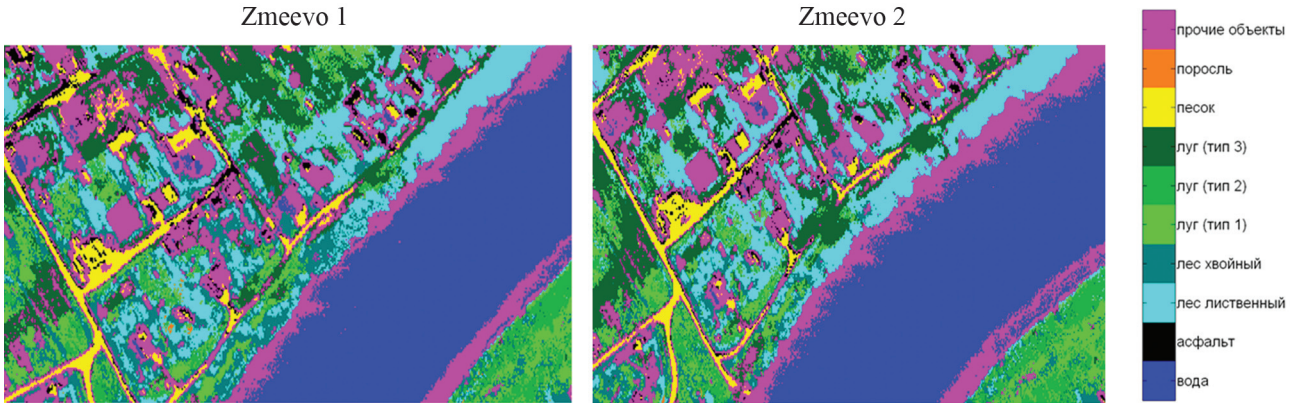


Рис. 7. Результаты распознавания объектов для смежных сцен Tvertza

Рис. 8. Смежные сцены с наличием стоячей воды. Антропогенные объекты представлены крышами строений. Растительный покров представлен различными видами лесной и луговой растительности. Кодовое название – Pool

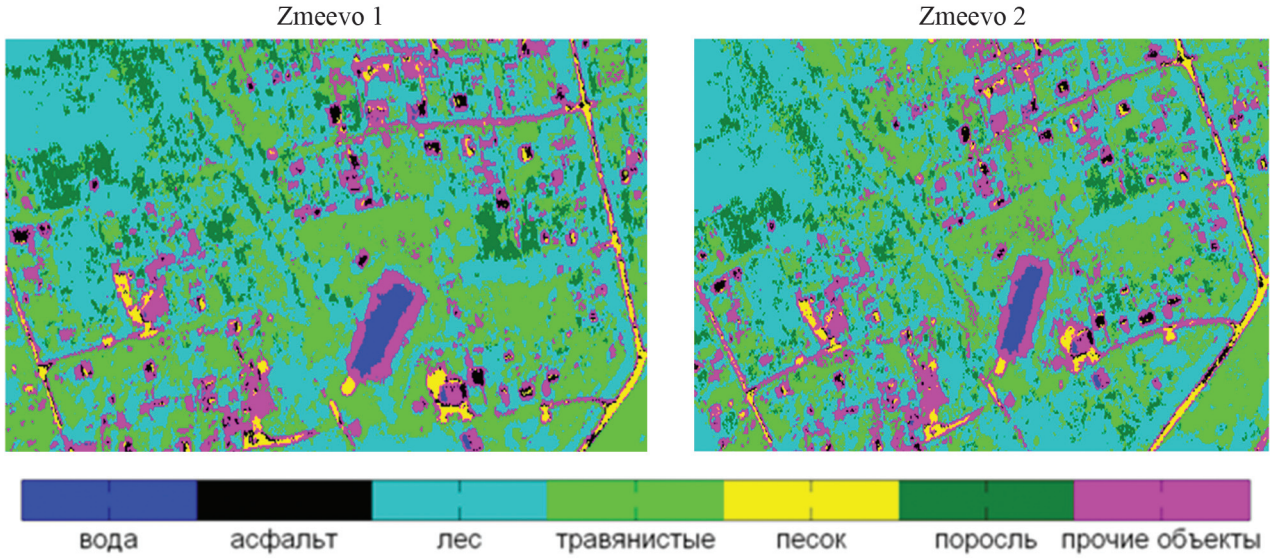


Рис. 9. Результаты распознавания объектов для смежных сцен Pool

классификации типов луговой растительности. Однако это, скорее всего, связано с недостаточной точностью составления соответствующей части обучающего ансамбля.

Последняя из рассмотренных сцен (Pool, рис. 8) содержит лесную и травянистую растительность, постройки, участки грунтовых дорог и объект со стоячей водой.

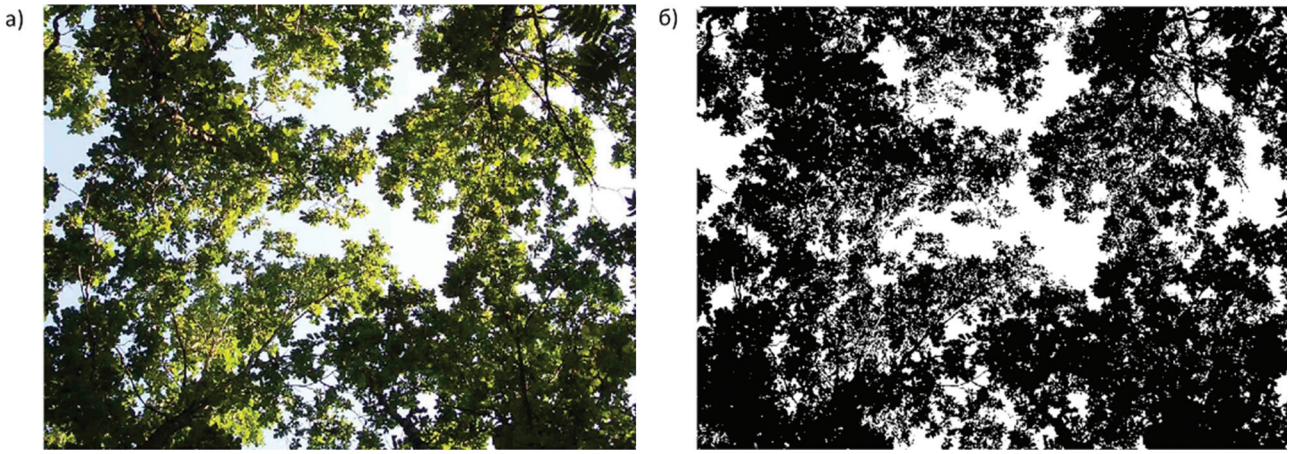


Рис. 10. Применение метода k-средних для классификации объектов «небо» и «растительность». а) – исходное фотоизображение (дубовый древостой), б) результат классификации

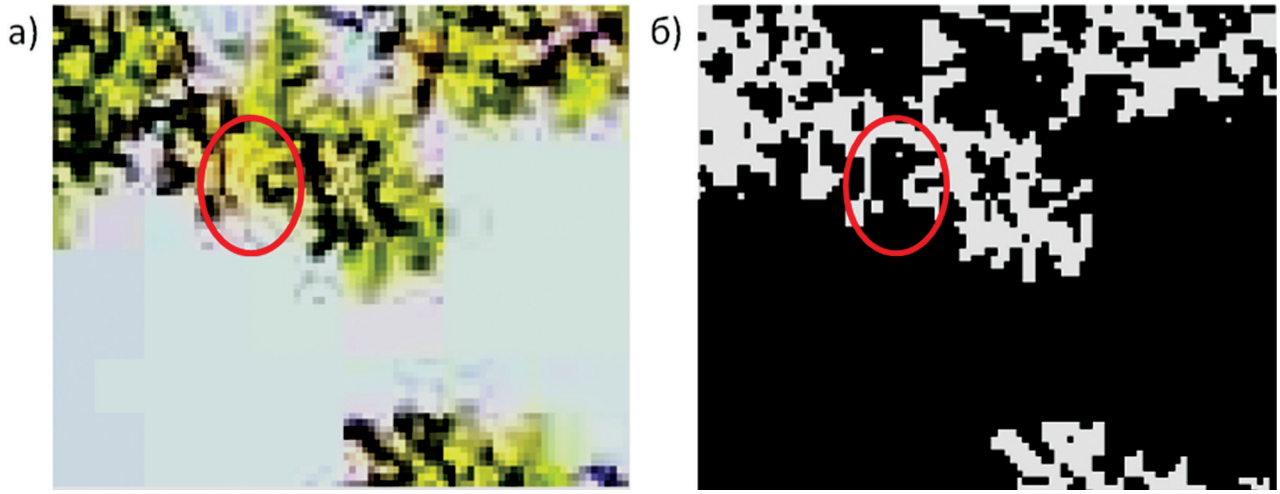


Рис. 11. Ошибки метода k-средних при классификации объектов «небо» и «растительность». а) – исходное фотоизображение (дубовый древостой), б) результат классификации. Пример ошибочной классификации выделен красным

Также присутствующий водный объект может характеризоваться разными спектрами, что приводит к дополнительным сложностям при классификации.

Представленные на рис. 9 результаты распознавания наземных объектов показывают заметные ошибки при классификации древостоев в нижней части изображения. В целом, как и в предыдущих примерах, можно наблюдать хорошее соответствие между смежными сценами.

Представленные здесь результаты продемонстрировали перспективность разрабатываемого инновационного подхода к обработке гипеспектральных изображений в части распознавания объектов при использовании разновременных сцен аэросъемки. Требуется, однако, валидация получаемой информационной продукции обработки таких изображений. Ниже приводятся примеры валидации на основе цифрового фотографирования верхней полусферы при размещении фотоаппаратуры вверх на выделенных площадках наземных обследований.

Наземная валидация данных гиперспектрального аэрозондирования

Цифровые фотографии, получаемые стандартным цифровым фотоаппаратом, сохраняются в виде сжатых изображений в формате JPEG (Joint Photographic Experts Group). Сжатие (с потерями) формата JPEG очень эффективно и в наибольшей степени пригодно для фотографий, содержащих сцены с плавными переходами яркости и цвета. Для проведения обработки в системе Matlab име-

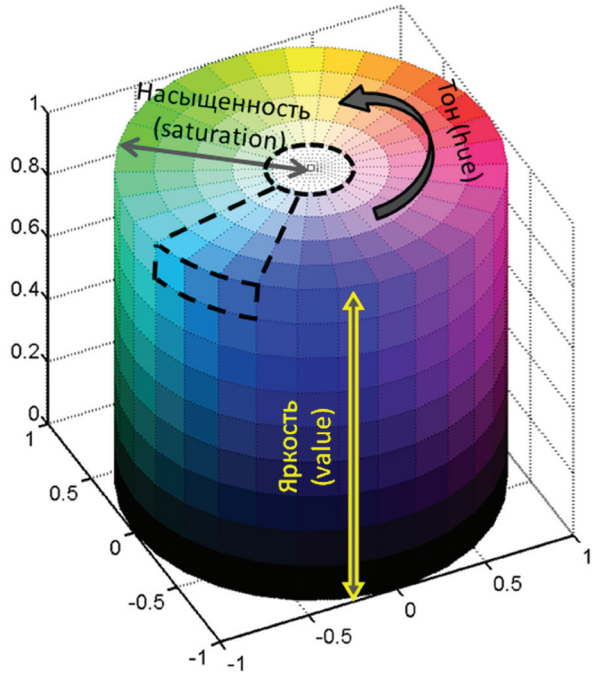


Рис. 12. Схема классификации наземных фотоизображений лесного полога в пространстве Тон-Насыщенность-Яркость (HSV). Пунктирной линией обозначена дискриминантная поверхность, отделяющая пиксели неба от остальных пикселей

ющиеся изображения преобразовывались в трехмерные массивы, представляющие собой изображение в RGB-каналах.

Первый шаг в обработке наземных фотоизображений лесного полога состоит в классификации пикселей неба и растительного покрова. Поскольку, очевидно, эти два класса должны существенно различаться как минимум по яркости, то для проведения классификации разумно попытаться использовать кластерный анализ. Подход, основанный на иерархической классификации оказался неприменим из-за слишком больших затрат на выделение оперативной памяти (либо временных затрат, в случае альтернативной реализации). Поскольку в данном случае число классов заранее известно (2 класса), то разумно применить метод k-средних.

На рис. 10 приведен пример кластеризации наземной фотографии дубового древостоя. Поскольку края исходных фотографий соответствуют достаточно большим углам визирования, для кластеризации была выбрана центральная часть изображения (между процентилями 25 и 75), с тем расчетом, чтобы в результате изображение все же содержало несколько деревьев и, таким образом, обеспечивалась возможность расчета параметра сомкнутости полога.

На первый взгляд, применение данного подхода приводит к положительному результату, структура крон вырисовывается достаточно четко. Однако при ближайшем рассмотрении (рис. 11) можно заметить, что листва в верхней части освещенной кроны идентифицируется как небо. Это происходит из-за того, что соответствующие пиксели имеют достаточно высокую яркость. Данную проблему не удается решить ни одним из способов настройки метода k-средних: ни выбором методики инициализации начальных центроидов, ни выбором метрики (расстояния), ни изменением размерности признакового пространства. Вклад неправильно классифицированных пикселей в погрешность оценки проективного покрытия представляется достаточно существенным.

Для решения этой проблемы была предложена достаточно простая и эффективная схема (рис. 12). Исходные яркости, изначально представленные в пространстве RGB, были преобразованы в пространство Тон-Насыщенность Яркость (HSV). Оказалось, что все имеющееся разнообразие оттенков неба (различное время суток, наличие разнообразного вида облачности, неправильно выбранная выдержка и т.п.) в пространстве HSV может быть легко отделено от остальных цветов достаточно простой дискриминантной поверхностью, состоящей из сектора и цилиндра (рис. 12). Приведем параметры элементов, составляющих дискриминантную поверхность (приведенные к единице). Центральный цилиндр: Тон – от 0 до 1 (все цвета), Насыщенность – от 0 до 0.2, Яркость – от 0.85 до 1. Сектор цилиндра: Тон – от 190/360 до 240/360 (центральный цвет – голубой), Насыщенность – от 0 до 1 (можно от 0.2 при наличии цилиндра с указанными параметрами), Яркость – от 0.7 до 1.

Для повышения диапазона правильно обрабатываемых снимков после перехода в пространство HSV производилась нормиров-

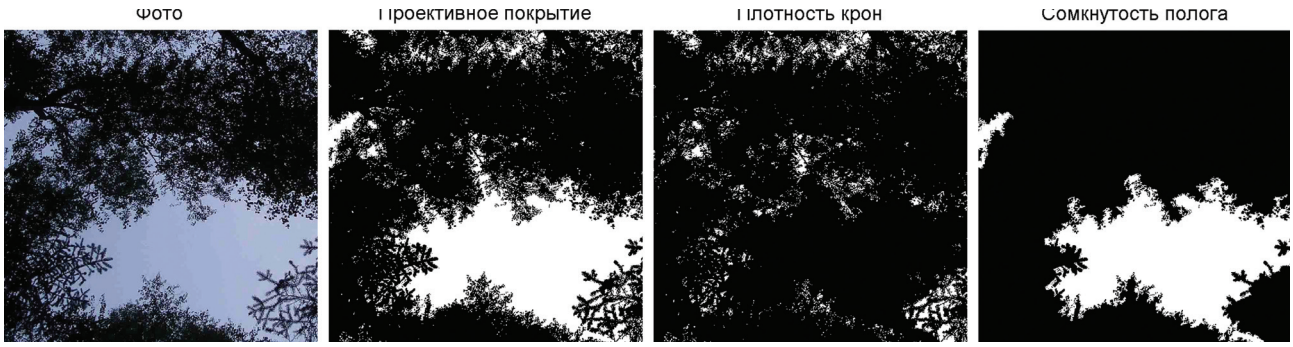


Рис. 13. Савватьевское лесничество, квартал 54, выдел 2, древостой с преобладанием сосны. Одно из наиболее сложных для обработки изображений. Съемка произведена в вечернее время, поэтому во внутрикроновом пространстве довольно много ярко белых пикселей при достаточно темном общем цвете неба

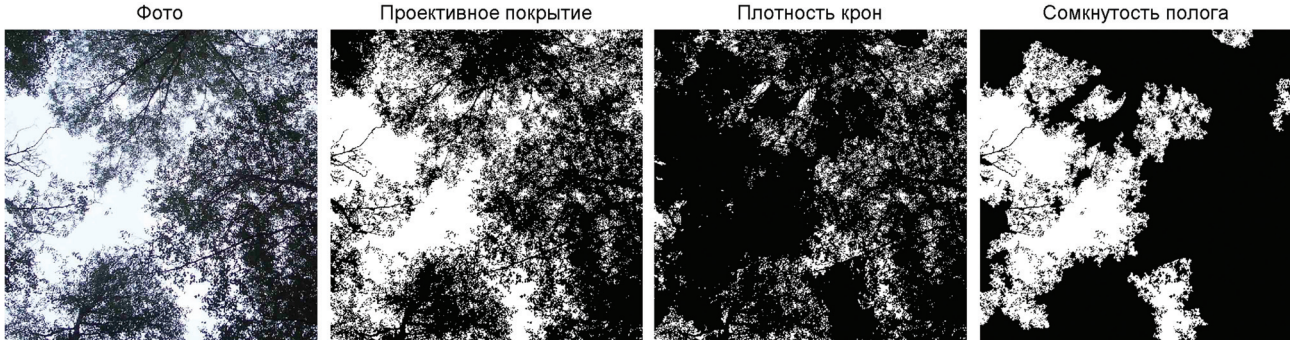


Рис. 14. Савватьевское лесничество, квартал 55, выдел 5, древостой с преобладанием березы. Увеличенное время выдержки

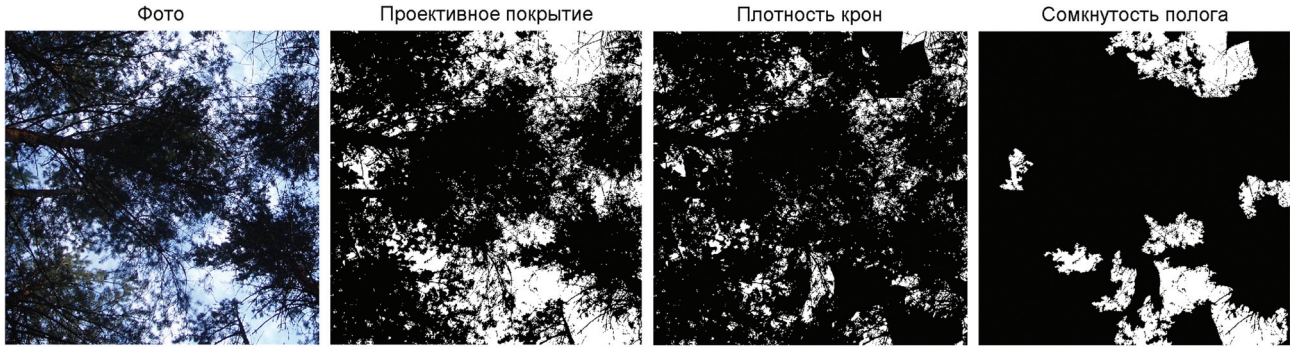


Рис. 15. Савватьевское лесничество, квартал 79, выдел 18, однородный сосновый древостой. Переменная облачность

ка яркостей на соответствующий процентиль 99.9 %. Теоретически (в идеальном случае) более правильно было бы нормировать просто на максимальную яркость. Однако необходимо учитывать что искажения, которые дает сжатие jpeg, даже для достаточно темного неба (в общем плане) могут давать некоторое количество ложных ярко белых пикселей (максимальная яркость). Как правило, это происходит для пикселей, соответствующих очень малым (точечным) внутрикроновым просветам. Выбранное значение было подобрано из чисто эмпирических соображений, на основе имеющихся данных.

Приведем формулы для расчета проекционных характеристик. Пусть S – площадь всех пикселей фотоизображения, $S_{foliage}$ – площадь пикселей, соответствующих листве, S_{sky} – площадь пикселей, соответствующих небу. Если прочие элементы отсутствуют на изображении, то

$$S = S_{foliage} + S_{sky}.$$

В нашем случае присутствуют ветви и стволы. При существующем фотоматериале,

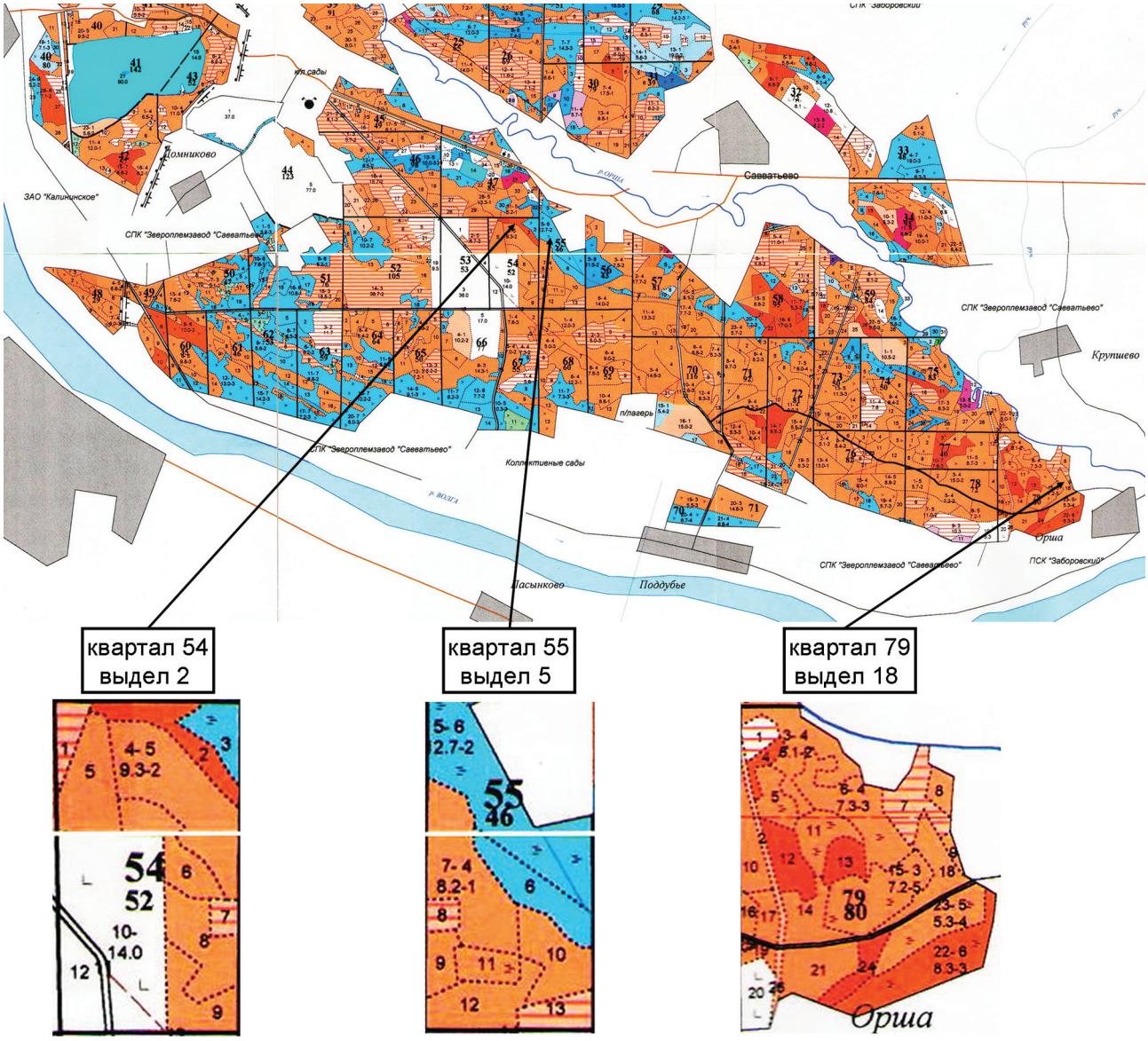


Рис. 16. Карта лесотаксации части Савватьевского лесничества с указанием метоположения выделов, для которых производилась оценка проекционных характеристик лесного полога

возможности осуществления автоматического распознавания различного типа древесной коры нет. Соответствующие площади будут причислены к площади листвы. Этот пункт в дальнейшем следует исправить за счет усовершенствования схемы измерений.

Площадь проективного покрытия вычисляется по формуле

$$S_{ProjCov} = S_{foliage} / S.$$

Пиксели неба разделяются на межкроновые S_{big} и внутрикроновые S_{little} просветы – $S_{sky} = S_{big} + S_{little}$. Площадью кроны будем называть сумму пикселей листьев и пикселей внутрикроновых просветов $S_{crown} = S - S_{big}$. Сомкнутость полога, это отношение площади, занимаемой кронами, к площади всех пикселей

$$D_{canopy} = S_{crown} / S = 1 - S_{big} / S.$$

Плотность кроны – это отношение площади листьев к площади кроны

$$D_{crown} = S_{foliage} / S_{crown} = S_{foliage} / (S - S_{big}).$$

Очевидно, что $S_{ProjCov} = D_{canopy} \cdot D_{crown}$. Именно характеристики плотности полога и плотности крон являются основными при реализации моделей восстановления значений фитомассы и других параметров лесной растительности по данным гиперспектрального зондирования.

Таким образом, для вычисления всех проекционных параметров нам необходимо определить площади $S_{foliage}$ и S_{big}.

По описанной методике были обработаны все фотографии лесного полога, для которых имеются геоботанические описания. Всего было обработано 32 изображения. Для обработки использовалась только центральная квадратная область, соответствующая интерквартильному интервалу по меньшей размерности. Наиболее интересные примеры приведены на рис. 13–15. Местоположение соответствующих кварталов и выделов приведено на рис. 16.

В целом, можно отметить перспективность предлагаемого подхода к валидации результатов обработки гиперспектральных изображений. Перспективы связаны с тем, что результаты наземных обследований тестовых участков способствуют фотоотображению лесной растительности в терминах тех параметров, которые участвуют в моделях восстановления объема фитомассы и других параметров соответствующих древостоев.

Заключение

Описанный здесь инновационный подход позволяет автоматизировать процесс обработки гиперспектральных аэрокосмических изображений при решении задач распознавания наблюдаемых объектов и оценки параметров состояния лесной растительности. Показаны характерные особенности разрабатываемого программно-алгоритмического обеспечения решения соответствующих прикладных задач. Приведенные примеры обработки данных гиперспектрального аэрозондирования показали устойчивость результатов обучения применяемого алгоритма разпознавания. Предложена методика получения дополнительной информации, необходимой для наземной валидации получаемой информационной продукции на основе фотоизображений.

Библиографический список

1. Исследование лесных и торфяных пожаров по данным гиперспектрального аэрозондирования / В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, Е.В. Дмитриев, В.П. Каменцев // Исследование Земли из космоса. – 2011. – № 5. – С. 70–79.
2. Восстановление объема фитомассы и других параметров состояния почвенно-растительного покрова по результатам обработки многоспектральных спутниковых изображений / В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, В.С. Косолапов и др. // Исследование Земли из космоса. – 2007. – № 1. – С. 57–65.
3. Инновационная технология обработки многоспектральных космических изображений земной поверхности / В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, Е.В. Дмитриев и др. // Исследование Земли из космоса. – 2008. – № 1. – С. 56–72.
4. Обработка и интерпретация данных гиперспектральных аэрокосмических измерений для дистанционной диагностики природно-техногенных объектов / В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, О.Ю. Казанцев и др. // Исследование Земли из космоса. – 2009. – № 2. – С. 36–54.
5. Козодеров, В.В. Аэрокосмическое зондирование почвенно-растительного покрова: модели, алгоритмическое и программное обеспечение, наземная валидация / В.В. Козодеров, Е.В. Дмитриев // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 1. – С. 59–76.
6. Козодеров, В.В. Методы оценки состояния почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования / В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин. – М.: МФТИ, 2008. – 222 с.
7. Kozoderov, V.V. Remote sensing of soils and vegetation: regional aspects / V.V. Kozoderov, E.V. Dmitriev // International Journal of Remote Sensing. – 2008. – 29. – P. 2733–2748.
8. Kozoderov, V.V. Remote sensing of soils and vegetation: pattern recognition and forest stand structure assessment / V.V. Kozoderov, E.V. Dmitriev // International Journal of Remote Sensing. – 2011. – 32. – P. 5699–5717.
9. Патент на изобретение № 2422858. Способ распознавания образов природно-техногенных объектов и оценки параметров их состояния по гиперспектральным данным аэрокосмического зондирования / В.В. Козодеров; зарегистрировано в Государственном Реестре изобретений РФ 27 июня 2011 г.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011616810. Программа первичного анализа гиперспектральных изображений и построения обучающих выборок / Е.В. Дмитриев, В.П. Каменцев, А.С. Каркач и др. зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 1 сентября 2011 г.

METHOLOGY FOR OPTIMIZATION OF CONTINUOUS COVER FORESTRY WITH CONSIDERATION OF RECREATION AND THE FOREST AND ENERGY INDUSTRIES

PETER LOHMANDER. *Professor, Department of Forest Economics, Faculty of Forest Science, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), SE – 901 83 Umea, Sweden,*
LIUBOV ZAZYKINA, *PhD Student Moscow State Forest University*

peter@lohmander.com; lyubovzazykina@rambler.ru

Introduction

Forests can be, and are, used for many different purposes. It is important to consider these simultaneously. In several regions, in particular close to large cities, such as Paris and Moscow, the economic importance of recreation forestry is very high in relation to the economic results obtained from traditional "production oriented" forest management. This does however not imply that production of timber, pulpwood and energy assortments can not be combined with rational recreation forestry. Considerable harvesting is often necessary in order to obtain a forest density that is optimal when we also consider recreation.

Recreation activities in a forest close to Moscow, September 2010. A large number of people can simultaneously study moose, ride bicycle, collect mushrooms and hike. The total recreation value per hectare is very high, in relation to the value of the production of timber in the same area, partly because the population density is very high in the Moscow region. Photo: Peter Lohmander, September, 2010.

A new methodological approach to optimization of forest management with consideration of recreation and the forest and energy industries has been developed. It maximizes the total present value of continuous cover forest management and takes all relevant costs and revenues into account, including set up costs. The optimization model includes one section where the utility of recreation, which may be transformed to the present value of net revenues from recreation, is added to the traditional objective function of the present value of the production of timber, pulpwood and energy assortments.

The picture shows a typical recreation site in a part of a forest close to Moscow. It is important to observe that the selected recreation site has a forest density that is much lower than in most other parts of the forests. In this particular case, the low forest density was obtained via wind throws in combination with peat land. Photo: Peter Lohmander, September 2010.

Zazykina and Lohmander [11] report visitor preferences concerning forest density and forest age. Most visitors would prefer a lower forest density than what the found in the existing forest.

The numbers of visitors per hectare in a forest area close to Moscow during the very hot summer of 2010. It is understandable that people select a dense and cool forest when the temperature is very high. A quadratic function of the relationship, with parameters estimated via the ordinary least squares method, is also found in the graph.

In general, we may expect that the annual value of recreation per visitor, close to large cities, can be estimated as a concave quadratic function of the type shown in the graph. The particular parameters used to construct this graph are not based on empirical data. The graph is just one example illustrating expected function properties.

The forest stock development is a function of the stock level directly after harvest and the harvest interval.

The present value function, excluding the value of recreation, is the sum of the profit from the first harvest and the present value of the infinite series of profits from later harvests.

The cost of moving harvesters and forwarders to the harvest site is denoted c. p is the variable net profit per cubic metre. The harvest volumes during the first and later years are denoted h0 and h1 respectively. The rate of interest is r and the harvest interval is t.

Figure 1

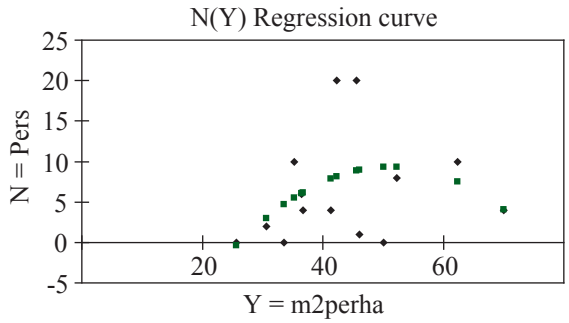


Figure 2

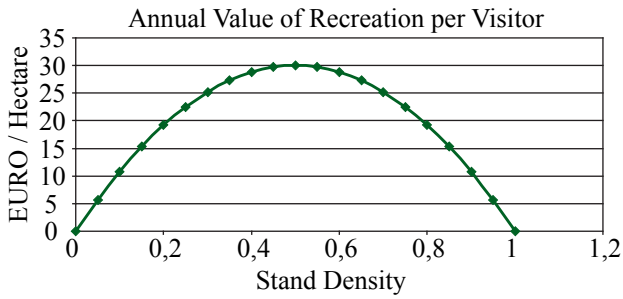


Figure 3

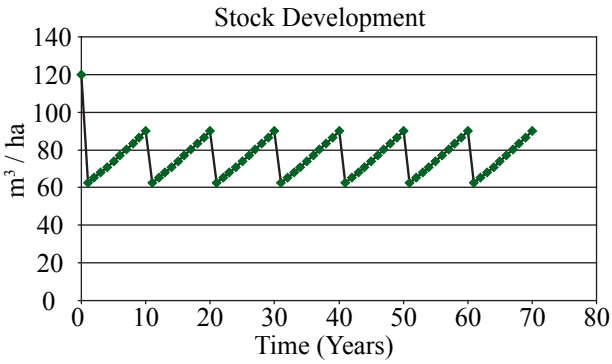


Figure 4

$$\Pi(.) = \left(-c + ph_0\right) + \frac{\left(-c + ph_1(t, h_0)\right)}{e^{rt} - 1}$$

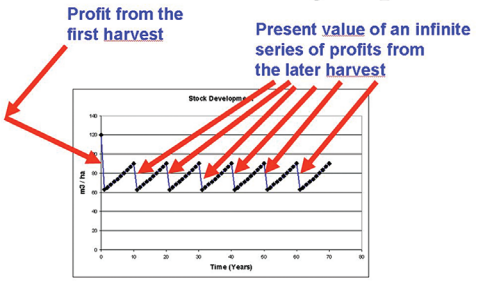


Figure 5

In case there are no people interested in recreation in the forest area and the objective is to maximize the present value of the profits of forest production, then we should follow the stock path described in the graph. Instantly after harvest, the stock level should be approximately 75 cubic metres per hectare. Then, we should harvest again, when the stock reaches 135 cubic

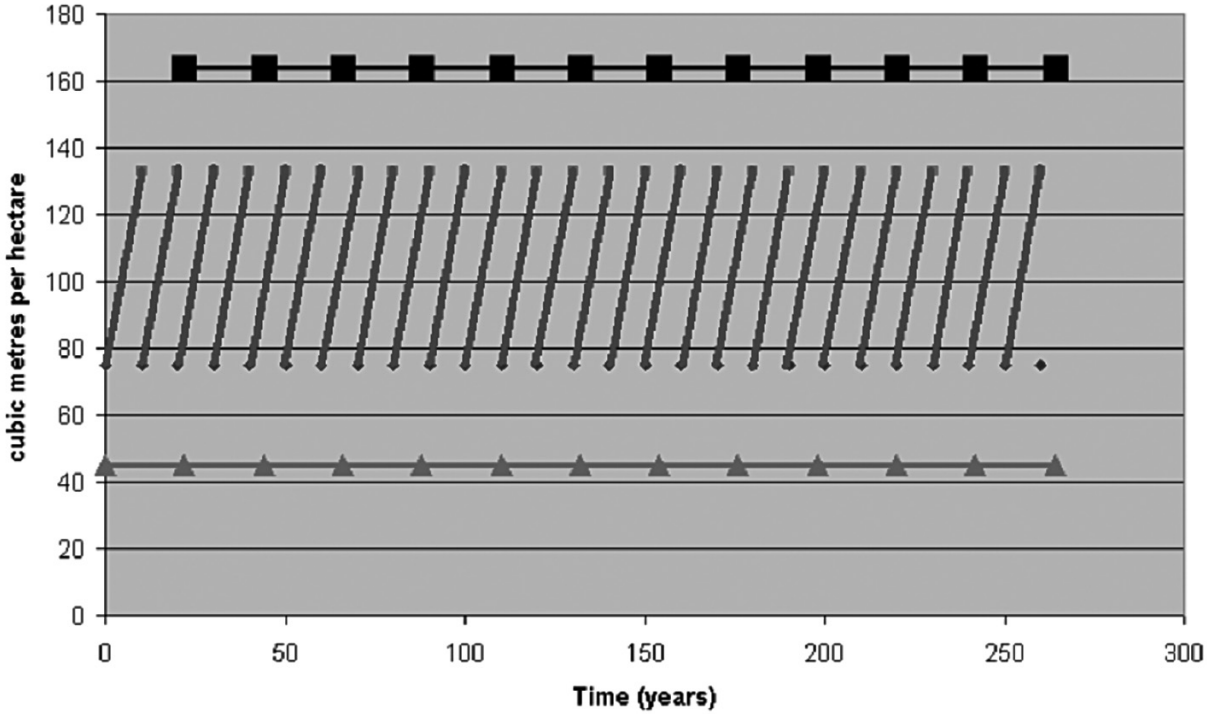


Figure 6

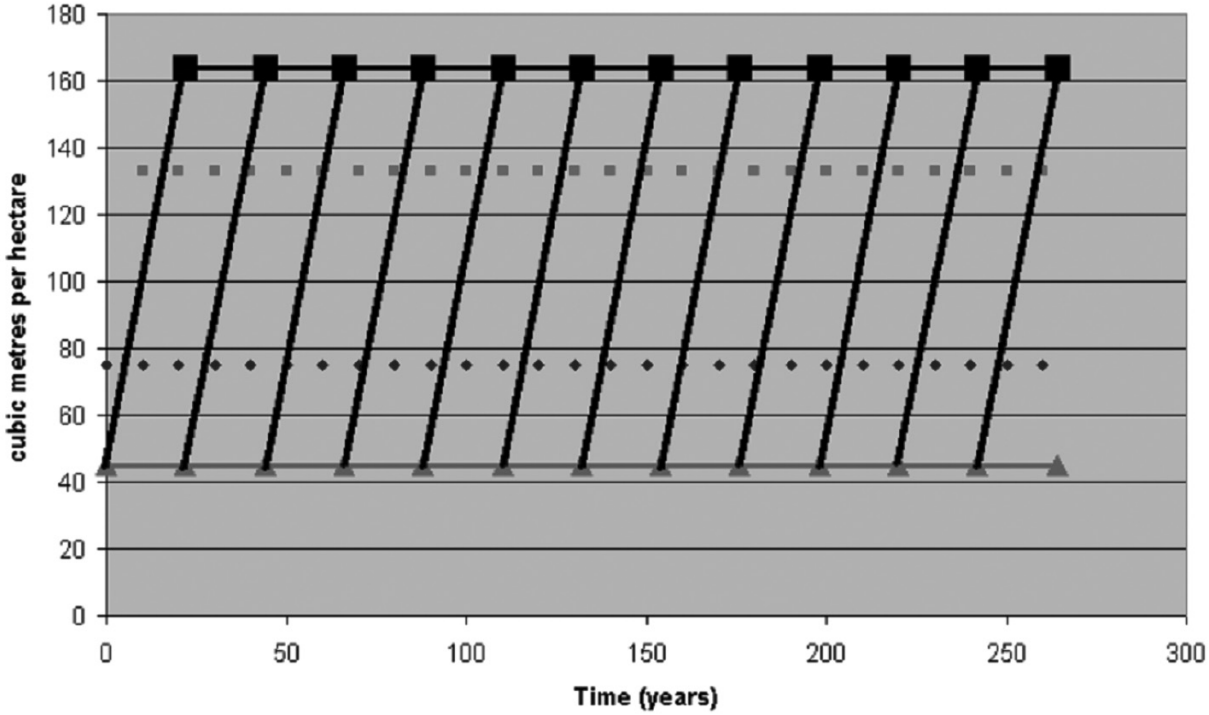


Figure 7

metres per hectare. This means that we should use a ten year harvest interval.

In case there are many people interested in recreation in the forest area and the objective is to maximize the present value of the profits from forest production plus the present value of recreation, then we should follow the stock path described in the graph. After harvest, the stock level should be approximately 45 cubic metres per hectare. Then, we should harvest again, when the stock reaches 165 cubic metres per hectare. This means that we should use a 22 year harvest interval.

Conclusions

In general, forest management, that is optimal when all objectives, including recreation, are considered, typically is characterized by larger thinning harvests than forest management that only focuses on the production of timber, pulpwood and energy assortments. It is important to be aware of the fact that the exact figures presented as optimized results are illustrations of typical expected cases. The detailed background and mathematical assumptions are reported by Lohmander and Zazykina [13].

The results also show that large set up costs have the same type of effect on optimal forest management as an increasing importance of recreation, close to large cities. Both of these factors imply that the harvest volumes, during each harvest, increase and that the time interval between harvests increases. Even rather small set up costs imply that the optimized continuous cover forest management schedule gives a rather large variation in the optimal stock level over time.

References

1. Lohmander, P., Continuous extraction under risk, IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis, Systems and Decisions Sciences, WP-86-16, March 1986
2. Lohmander, P., Continuous extraction under risk, SYSTEMS ANALYSIS – MODELLING – SIMULATION, Vol. 5, No. 2, 131-151, 1988
3. Lohmander, P., Optimal resource control in continuous time without Hamiltonian functions, SYSTEMS ANALYSIS – MODELLING – SIMULATION, Vol. 6, No. 6, 421-437, 1989
4. Lohmander, P., Continuous harvesting with a nonlinear stock dependent growth function and stochastic prices: Optimization of the adaptive stock control function via astochastic quasi-gradient method, in: Hagner, M. (editor), Silvicultural Alternatives, Proceedings from an internordic workshop, June 22-25, 1992,Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Silviculture, No. 35, 198-214, 1992
5. Lohmander, P., Optimal continuous harvesting with economies of scale and stochastic prices, Abstract,Solberg, B. (Editor), SCANDINAVIAN FOREST ECONOMICS, No. 37, 2001
6. Lohmander, P., Optimal Continuous Cover Forest Management with Stochastic Prices and Set up Costs, INFORMS annual meeting 2004, Denver, Colorado, USA, Abstracts, http://www.informs.org/conf/Denver2004/
7. Lohmander, P., Adaptive Optimization of Forest Management in a Stochastic World, in Weintraub A. et al (Editors), Handbook of Operations Research in Natural Resources, Springer, Springer Science, International Series in Operations Research and Management Science, New York, USA, pp 525-544, 2007 http://www.amazon.ca/gp/reader/0387718141/ref=sib_dp_pt/701-0734992-1741115#reader-link
8. Lohmander, P., Mohammadi, S., Optimal Continuous Cover Forest Management in an Uneven-Aged Forest in the North of Iran, Journal of Applied Sciences 8(11), 2008 http://ansijournals.com/jas/2008/1995-2007.pdf, http://www.Lohmander.com/LoMoOCC.pdf
9. Lu, F., Lohmander, P., Optimal Decisions for Mixed Forests under Risk, Scientia Silvae Sinicae, Vol. 45, No. 11, Nov. 2009 http://www.Lohmander.com/Lu_Lohmander_2009.pdf
10. Lohmander, P., Zazykina, L., Rational and sustainable utilization of forest resources with consideration of recreation and tourism, bioenergy, the global warming problem, paper pulp and timber production: A mathematical approach, Proceedings of the II international workshop on Ecological tourism, Trends and perspectives on development in the global world, Saint Petersburg Forest Technical Academy, April 15-16, 2010 http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.dochttp://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.ppt http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf
11. Zazykina, L., Lohmander, P., The utility of recreation as a function of site characteristics: Methodological suggestions and a preliminary analysis, Proceedings of the II international workshop on Ecological tourism, Trends and perspectives on development in the global world, Saint Petersburg Forest Technical Academy, April 15-16, 2010 http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina_Lohmander_SPbFTA_2010.pdf http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina_Lohmander_SPbFTA_2010.doc
12. Mohammadi Limaei, S. Lohmander, P. and Obersteiner, M. 2010. Decision making in forest management with consideration of stochastic prices, Iranian Journal of Operations Research, Vol.2, No.1, pp.32-40, http://www.Lohmander.com/LiLoOb2010.pdf
13. Lohmander, P., Zazykina. L., “Methodology for optimization of continuous cover forestry with consideration of recreation and the forest and energy industries”, Forests of Eurasia, Moscow, 2010, Complete power point presentation with all derivations and graphs: http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Lohmander_Zazykina_Moscow_2010.ppt

ЗАПАСЫ ЭНЕРГИИ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ

Н.А. БАБИЧ, *проф. Северного (Арктического) федерального университета, д-р с.-х. наук,*
Д.Н. КЛЕВЦОВ, *доц. Северного (Арктического) федерального университета, канд. с.-х. наук*

denis2749@yandex.ru

Оценка работы фотоавтотрофного компонента биогеоценозов (в частности лесных) в весовых характеристиках образованной биомассы недостаточна для суждения об эффективности созидательной деятельности первого трофического уровня биоценозов. Специальным комитетом МБП рекомендовано количественные данные о биомассе и приростах выражать в количестве запасаемой в ней энергии [2].

Со времени овладения человека огнем основным источником энергии являлась древесина. В 19–20 вв. в результате конкуренции с ископаемыми видами топлива ее значение уменьшилось. Но и в настоящее время больше половины заготавливаемой в мире древесины используется в энергетических целях, главным образом для получения тепла [6].

По современным оценкам, биомасса является самым мощным после солнца возобновляемым экологически чистым источником энергии. Ежегодный прирост биомассы на планете эквивалентен 20–30 млрд т условного топлива, т.е. превосходит годовую добычу нефти. Кроме этого, интерес к биомассе связан с необходимостью решения экологических проблем. В отличие от других видов органического топлива сжигание биомассы и продуктов ее переработки не ведет к увеличению в атмосфере диоксида углерода и не вызывает ее загрязнения оксидами серы [1].

Государственной научно-технической программой России «Экологически чистая энергетика» в качестве одного из приоритетных направлений в области нетрадиционной энергетики рассматривается использование энергетического потенциала биомассы [4]. Чрезвычайно перспективной спросовой нишей рынка представляется использование низкосортной древесины в качестве энергетического сырья. Речь идет о так называемом пеллетном топливе: этот энергоноситель уже завоевал обширный и ежегодно растущий сегмент рынка в Европе, Северной Америке, Китае. Производство пеллетного топлива может быть развернуто в любом населенном пункте, а переход на него не требует даже переоборудования традиционных угольных котельных. И по мере роста цен на природный газ (это обстоятельство малоприятное, но, увы, неизбежное) сфера применения пеллетного топлива, прежде всего в коммунальном хозяйстве, будет неуклонно расти [14].

Во многих странах расширяются научные исследования и принимаются практические меры, направленные на повышение роли древесного сырья в топливно-энергетическом обеспечении. Использование в этих целях низкосортной древесины и отходов, а также создание специальных энергетических плантаций из древесных пород рассматриваются как наиболее важные хозяйственные проблемы. Опыт некоторых зарубежных стран показывает возможность создания теплогенерирующих установок для сжигания древесных отходов с коэффициентом полезного действия 85–90 %. Древесная биомасса как энергетический источник – объект многих исследовательских программ. Около 80 программ разрабатывает Лесная служба Министерства сельского хозяйства США [3]. Более 15 % всей энергии в Швеции дает биомасса. Считается, что использованием растительного топлива может быть покрыто до 20–30 % потребности в энергии.

В России выпускаются мобильные газогенераторные электростанции разных модификаций. Например, для условий отдаленных лесничеств может быть использована передвижная электростанция мощностью 4 кВт, работающая на древесных отходах. Масса ее – 0,4 т, расход древесины – 6...8 кг/ч, время непрерывной работы между загрузками топливом – 3...4 часа. Срок окупаемости – 3 года. Применение этой электростанции позволяет экономить 6 т бензина в год [10].

Развитие биоэнергетики в России является актуальной государственной проблемой снижения энергозависимости производств, особенно удаленных от мест добычи газа, нефти, каменного угля. Исходным сырьем для получения биотоплива в твердом, жидком и газообразном виде является биомасса, которая аккумулирует солнечную энергию в форме углеводородов растительного происхождения [13].

Углекислый газ, образуемый при производстве энергии из биотоплива, не относится к парниковым газам, так как биомасса и продукты ее сгорания рассматриваются как часть природного карбонового цикла. Растительные биомассы считаются одним из наиболее «благородных» видов и во многих странах рассматриваются в качестве перспективного источника энергии [11].

Исследования проведены в южной подзоне тайги, на территории Вологодской области (Бабаевский лесхоз) в культурах сосны 12...58-летнего возраста, где заложено 26 пробных площадей. В качестве объектов исследования подобраны чистые по составу или с незначительной примесью березы, идентичные по способу создания (посевы), участки культур сосны в лишайниковом, брусничном и черничном типах условий местопроизрастания, где имеются существенные отличия в почвенных условиях, живом напочвенном покрове и продуктивности древостоев. Они не подвергались промежуточному пользованию и представляют собой нормальные, высокопроизводительные культурфитоценозы.

Полевой экспериментальный материал получен методом однократных обмеров на временных пробных площадях, заложенных в культурах сосны одного естественного ряда развития. Обследование на них проводили с учетом методических рекомендаций В.В. Огиевского, А.А. Хирова [9]; Н.Н. Соколова [15]; А.Р. Родина, М.Д. Мерзленко [12]. По соседству с каждой из них брали по 10 модельных деревьев из разных ступеней толщины. Они разделывались на следующие фракции фитомассы: сухие сучья, живые ветви, древесная зелень (охвоенные побеги с диаметром у основания не более 0,8 см), кора ствола, древесина ствола. Масса фракций, отдельно по каждой модели, определялась на платформенных весах с точностью до 50 г. Гистограммы распределения числа наблюдений по ступеням толщины служили основой отбора модельных деревьев, взятых за пределами пробной площади. При этом в средней ступени толщины брали по 2–3 модели, в остальных – по одной. В ступенях толщины, представленных единичными деревьями, брали по одной модели на каждую ступень или группу из 2–3 ступеней. Модельные деревья тщательно выбирали, избегая значительных отклонений по развитию крон, повреждений стволов, без признаков усыхания и т.п.

При подборе пробных площадей одного естественного ряда развития для составления таблиц запасов энергии мы придерживались следующих положений:

– принцип зональности (региональности), т.е. с учетом современного состояния лесокультурного производства региона естественный ряд развития подбирается в пределах лесорастительной подзоны, в нашем случае южной;

– однородность происхождения лесосеменного материала;

– подбор участков культур с первоначальной густотой, близкой к рекомендациям официально действующих документов;

– к одному естественному ряду развития относятся участки культур, эколого-биологические свойства культивируемой породы которых в полной мере соответствуют условиям местопроизрастания.

При изучении степени использования солнечной энергии культурами сосны ставилась задача выявить количество тепловой энергии, заключенной в фитомассе культурфитоценозов. Пофракционные запасы фитомассы древесного яруса культур сосны в южной подзоне тайги получены в результате проведенных нами полевых исследований. Размеры аккумулированной солнечной энергии в фитомассе культур сосны рассчитывали исходя из калорийности и количества органики, формируемой культурами за период их жизни. Калорийность или теплотворную способность фитомассы получали, используя

Таблица 1

Теплотворная способность горючего материала по данным исследователей, ккал/кг

Вид горючего материала	Автор и год публикации				Среднее
	по Н.П. Курбатскому (1962)	по А.А. Молчанову (1971)	по В.П. Дадыкину и Н.В. Кононенко (1975)	по Н.И. Казимирову и др. (1977)	
Хвоя сосны	5226	5210	–	5148	5195
Древесина сосны	–	4921	4809–5024	4870	4903
Кора сосны	4825	4815	–	4887	4842
Ветви сосны	4927	–	–	4990	4959

Таблица 2

Аккумуляция энергии посевами сосны по типам леса, ГДж/га

Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Запас стволовой древесины, м³/га	Фракции фитомассы					
				сухие сучья	ветви	древесная зелень	кора	древесина	итого
С. лишайниковый									
10	–	1,9	8	2,35 1,8*	11,50 8,9	41,23 31,8	10,04 7,8	64,42 49,7	129,54 100
20	2,9	3,4	13	9,94 3,9	25,35 9,8	74,38 28,9	28,35 11,0	119,65 46,4	257,67 100
30	4,2	4,8	24	23,50 5,3	40,22 9,1	105,07 23,7	52,04 11,7	222,31 50,2	443,14 100
40	5,5	6,1	42	43,20 5,9	55,90 7,7	134,12 18,5	80,08 11,0	412,99 56,9	726,29 100
50	6,8	7,3	74	69,05 5,8	72,08 6,1	162,15 13,7	111,85 9,5	767,23 64,9	1182,36 100
60	8,0	8,5	135	101,41 5,2	88,78 4,6	189,37 9,7	146,93 7,5	1425,39 73,0	1951,88 100
С. брусничный									
10	–	1,1	7	1,63 1,7	12,12 12,7	21,28 22,4	1,55 1,6	58,54 61,5	95,12 100
20	4,7	5,7	32	43,57 7,5	52,94 9,1	124,91 21,4	80,71 13,9	279,89 48,1	582,02 100
30	6,5	9,1	78	79,54 6,5	118,10 9,8	184,87 15,3	128,82 10,6	699,39 57,8	1210,72 100
40	8,3	11,6	145	99,97 5,1	138,87 7,1	214,64 11,0	162,96 8,3	1339,28 68,5	1955,72 100
50	9,9	13,4	235	94,72 3,3	126,15 4,4	227,32 8,0	189,45 6,6	2216,97 77,7	2854,61 100
60	11,5	14,7	348	54,41 1,3	170,64 4,2	236,32 5,9	211,08 5,3	3346,45 83,3	4018,90 100
С. черничный									
20	5,3	6,1	65	31,63 3,3	113,01 11,7	160,52 16,7	85,47 8,9	570,99 59,4	961,62 100
30	10,1	11,3	133	133,95 7,0	170,23 8,9	212,59 11,1	139,06 7,2	1259,27 65,8	1915,10 100
40	12,6	14,9	220	67,25 2,3	227,76 7,7	256,65 8,7	196,49 6,6	2207,14 74,7	2955,29 100

* в знаменателе приведено процентное выражение показателя аккумуляции энергии

данные экспериментальных исследований с применением калориметрического метода ряда авторов (табл. 1). При этом выводили средние величины, которые для хвои, древесины, коры и ветвей составили 5195, 4903, 4842 и 4959 ккал/кг соответственно.

Произведенные расчеты показали, что количество энергии, аккумулированной фитомассой культур сосны в форме химических связей органических веществ, колеблется по типам леса в значительных пределах и связано с их производительностью (табл. 2). В исследованном возрастном периоде количество энергии, депонированной во всех фракциях фитомассы, возрастает.

Для выявления влияния типа условий местопроизрастания на энергетическую продуктивность посевов сосны провели сравнение этого показателя в одном возрасте культур (например, 40 лет) в разных типах леса. Минимальное количество энергии, депонированной древостоем, отмечается в сосняке лишайниковом (726,2 ГДж/га), максимальное – в сосняке черничном (2955,29 ГДж/га). В культурах сосны брусничного типа условий местопроизрастания количество аккумулированной энергии составляет промежуточную величину.

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что относительное количество фиксированной солнечной энергии отдельными частями древесного яруса культур сосны изменяется по типам леса в небольших пределах и может быть охарактеризовано средними цифрами для всех исследованных типов леса. В частности, в посевах сосны 40-летнего возраста древесиной аккумулируется 67 % энергии, сухими сучьями, ветвями, древесной зеленью и корой – 4,8,13 и 9 % соответственно. Также можно отметить, что абсолютный и относительный энергетический потенциал веток, древесной зелени и коры с возрастом уменьшается на фоне увеличения энергетической продуктивности древесины. Данная закономерность характерна для всех изученных типов леса.

Н.А. Бабич и В.К. Любов [1] в результате проведенных исследований определили энергетический потенциал среднетаежных сосняков-черничников искусственного происхождения. Авторы приводят для посевов сосны черничного типа условий местопроизрастания в возрасте 20, 30 и 40 лет величины депонированной надземной фитомассой энергии 627, 1609 и 2995 ГДж/га соответственно. Сравнивания приведенные данные с результатами наших исследований, можно отметить, что культуры сосны в южной подзоне тайги депонируют энергии несколько больше, чем в средней. Например, в 20-летнем возрасте посевы сосны черничного типа условий местопроизрастания южной подзоны тайги накапливают энергии на 35 %, в 30-летнем на 16 % больше, чем аналогичные культурфитоценозы средней подзоны. В возрасте 40 лет посевы сосны в указанных подзонах фиксируют энергию примерно в равных частях.

Результаты наших исследований представляют определенный интерес не только для теплоэнергетиков, но и для лесоводов. Полученная информация может быть использована при разработке теоретических основ тушения лесных верховых пожаров в сосновых молодняках, т.к. важно знать запасы горючих материалов в пологе древостоя. Эти данные необходимы для обоснования правильного выбора дозы огнегасящих химических средств и воды при тушении, а также при обосновании комплекса необходимых профилактических противопожарных мероприятий. Приведенные материалы дают возможность оценивать энергетический потенциал не используемых традиционно фракций фитомассы и позволяют наметить пути их энергетического использования, а также являются основой для составления энергетического баланса лесных сообществ и для изучения потока энергии в лесных экосистемах.

Библиографический список

1. Бабич, Н.А. Энергетический потенциал среднетаежных сосняков-черничников искусственного происхождения / Н.А. Бабич, В.К. Любов // География Европейского Севера – Архангельск: ПГУ, 2002. – С. 194–200.
2. Дадыкин, В.П. О теплотворной способности органического материала древесных растений / В.П. Дадыкин, Н.В. Кононенко // Лесоведение. – 1975. – № 2. – С. 30–37.

3. Девяткин, Л.М. Использование древесного сырья как источника энергии / Л.М. Девяткин, О.М. Самойлова // Обзоры по информационному обеспечению общесоюзных научно-технических программ. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1988. – 40 с.
4. Доброхотов, В.И. Основные направления научно-технического прогресса в энергетике, решаемые в рамках Государственной программы России «Экологически чистая энергетика» / В.И. Доброхотов // Теплотехника. 1993. – № 6. – С. 39–45.
5. Казимиров, Н.И. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / Н.И. Казимиров, А.Д. Волков, С.С. Зябченко и др. – Л.: Наука, 1977. – 304 с.
6. Кошелев, А.А. Лес как возобновляемый источник энергии / А.А. Кошелев, А.П. Шведов // Лесное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 21–22.
7. Курбатский, Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров [Текст] / Н.П. Курбатский. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 154 с.
8. Молчанов, А.А. Продуктивность органической массы в сосняках беломошниках / А.А. Молчанов // Продуктивность органической и биологической массы леса. – М., 1974. – С. 24–42.
9. Огиевский, В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – Л.: ЛТА, 1967. – 50 с.
10. Панцхава, Е.С. Преобразование энергии биомассы. Опыт России / Е.С. Панцхава., В.А. Пожарнов, Л.В. Зысин и др. // Теплоэнергетика. – 1996. – № 5. – С. 33–38.
11. Писаренко, А.И. О некоторых современных задачах лесного сектора России / А.И. Писаренко, В.В. Страхов // Лесное хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 5–7.
12. Родин, А.Р. Методические рекомендации по изучению лесных культур старших возрастов / А.Р. Родин, М.Д. Мерзленко. – М.: ВАСХНИЛ, 1983. – 36 с.
13. Родин, А.Р. Создание лесных энергетических плантаций / А.Р. Родин, С.А. Родин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2008. – № 1. – С. 178–182.
14. Рощупкин, В. Ресурсы лесного фонда – в энергетику / В. Рощупкин // Биоэнергетика. – 2005. – № 1. – С. 6–7.
15. Соколов, Н.Н. Методические указания к дипломному проектированию по таксации пробных площадей / Н.Н. Соколов. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1978. – 44 с.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШИШЕК СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

В.П. ИВАНОВ, *проф., проректор по научно-инновационной деятельности и международным связям БрГИТА, д-р биол. наук,*
С.И. МАРЧЕНКО, *доц. каф. лесоводства, лесных культур и почвоведения БрГИТА, канд. с.-х. наук,*
Л.В. ЗАЙЦЕВА, *студент лесохозяйственного факультета БрГИТА,*
Ю.В. ИВАНОВ, *с. н. с. Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, канд. биол. наук*

ivpinfo@mail.ru; mars_bryansk@mail.ru; zai-lubasik@mail.ru; ivanovinfo@mail.ru

Формирование шишек сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) происходит в условиях постоянного действия природных, а в последние полтора столетия антропогенных и техногенных факторов, что может сказываться на формировании семян и прохождении ранних стадий онтогенеза растений [5, 7]. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка обоснованного методологического подхода к сбору информации, а именно измерения шишек, для последующего сопоставления характера изменчивости ростовых процессов сосны.

При изучении особенностей развития женской генеративной сферы хвойных растений необходимы массовые измерения (морфометрия) шишек в максимально сжатые сроки. Кондиции собранного полевого материала претерпевают изменения за время хранения: меняются линейные параметры, коэффициенты формы из-за деформации шишек по мере их высыхания [1, 6, 8]. Единый (общий) методологический подход предусматривает определение оптимальных сроков выполнения измерительных работ. Обычно сбор шишек сосны проводят с ноября текущего года до марта–начала апреля будущего года. За это время семена успевают пройти стратификацию [2, 4]. Кроме того, этот период позволяет без спешки проводить работу с

Таблица 1

Динамика климатических показателей в течение периода наблюдений

Показатели	Дни наблюдений									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура воздуха (t), °С	4,1	8,5	9,2	6,6	7,8	9,7	8,4	15,6	9,2	8,8
Атмосферное давление (Р), мм. рт. ст.	735,7	733,3	735,1	736,5	739,7	742,4	742,8	736,9	739,8	745,1

Таблица 2

Основные результаты измерений параметров шишек

День наблюдений	N	σ_x	±	m_σ	M_x	±	m_{Mx}	C_x	P_x	min	max
Длина, см											
1	50	0,51	±	0,05	4,37	±	0,07	11,55	1,63	3,33	5,55
2	50	0,49	±	0,05	4,36	±	0,07	11,32	1,60	3,32	5,50
3	50	0,49	±	0,05	4,31	±	0,07	11,42	1,62	3,26	5,44
4	50	0,51	±	0,05	4,31	±	0,07	11,76	1,66	3,18	5,52
5	50	0,47	±	0,05	4,29	±	0,07	11,02	1,56	3,25	5,44
6	50	0,48	±	0,05	4,32	±	0,07	11,01	1,56	3,24	5,49
7	50	0,47	±	0,05	4,31	±	0,07	11,00	1,56	3,28	5,34
8	50	0,47	±	0,05	4,29	±	0,07	11,04	1,56	3,22	5,36
9	50	0,49	±	0,05	4,30	±	0,07	11,40	1,61	3,24	5,48
10	50	0,48	±	0,05	4,29	±	0,07	11,29	1,60	3,04	5,49
Диаметр, см											
1	50	0,19	±	0,02	2,10	±	0,03	9,28	1,31	1,70	2,56
2	50	0,25	±	0,02	2,16	±	0,03	11,35	1,60	1,70	2,86
3	50	0,35	±	0,03	2,27	±	0,05	15,25	2,16	1,67	3,46
4	50	0,33	±	0,03	2,38	±	0,05	14,03	1,98	1,64	3,32
5	50	0,34	±	0,03	2,45	±	0,05	14,02	1,98	1,75	3,39
6	50	0,32	±	0,03	2,38	±	0,04	13,32	1,88	1,73	3,25
7	50	0,33	±	0,03	2,52	±	0,05	13,17	1,86	1,84	3,32
8	50	0,36	±	0,04	2,57	±	0,05	13,91	1,97	1,84	3,74
9	50	0,35	±	0,03	2,66	±	0,05	13,03	1,84	1,91	3,40
10	50	0,32	±	0,03	2,67	±	0,05	12,09	1,71	1,93	3,37
Коэффициент формы											
1	50	0,15	±	0,01	2,08	±	0,02	7,07	1,00	1,65	2,34
2	50	0,17	±	0,02	2,02	±	0,02	8,60	1,22	1,63	2,30
3	50	0,23	±	0,02	1,92	±	0,03	12,05	1,70	1,39	2,27
4	50	0,23	±	0,02	1,83	±	0,03	12,37	1,75	1,42	2,26
5	50	0,20	±	0,02	1,77	±	0,03	11,50	1,63	1,36	2,25
6	50	0,19	±	0,02	1,83	±	0,03	10,49	1,48	1,48	2,24
7	50	0,17	±	0,02	1,72	±	0,02	9,59	1,36	1,39	2,24
8	50	0,18	±	0,02	1,69	±	0,03	10,50	1,48	1,31	2,13
9	50	0,16	±	0,02	1,63	±	0,02	9,86	1,39	1,36	2,03
10	50	0,15	±	0,01	1,61	±	0,02	9,25	1,31	1,32	1,98

шишками (замеры) в соответствии с программой исследований.

Настоящий эксперимент выполнен с целью определения изменений линейных размеров шишек (длины, диаметра), динамики коэффициента формы в лабораторных условиях за время, предшествующее измерительным работам (кратковременного хранения), а также их связи с некоторыми климатическими факторами для обоснования практических рекомендаций по срокам выполнения измерительных работ.

Объекты исследования

В первой декаде апреля 2011 г. выполнен сбор шишек сосны обыкновенной

(урожай 2010 г.) в охранной зоне заповедника «Брянский лес», используемой в качестве контроля при изучении особенностей развития женской генеративной сферы хвойных растений в условиях стрессовых воздействий различной этиологии [2, 3].

Экспериментальный материал (50 шишек сосны обыкновенной) хранился в хорошо проветриваемом помещении вегетационного домика в картонных поддонах при температуре, близкой наружной. В течение 10 дней с момента сбора (с 11 по 20 апреля 2011 г.) ежедневно, в одно и то же время (с 19 до 21 ч) штангенциркулем с точностью до 0,1 мм измеряли длину и диаметр (в двух взаимно перпендикулярных направлениях) каждой шишки. Коэффициент формы определяли эмпирически как отношение длины шишки к ее среднему диаметру. Фиксировали климатические показатели по данным Брянской метеостанции (на 19 ч) – температуру воздуха и величину атмосферного давления (табл. 1). Обработка экспериментального материала выполнена средствами Tanagra 1.4.38 и Microsoft Excel 2003.

Анализ результатов стандартной статистической обработки (табл. 2) показал, что наиболее стабильным параметром является длина шишек. За декаду разница средних значений, характеризующих выборку, составила лишь 0,08 мм при довольно стабильном варьировании признака – чуть более 11 %. Точность исследований до 2 % вполне приемлема для обоснования выводов по результатам исследований. По мере потери влаги и высыхания шишек просматривается устойчивая тенденция уменьшения их длины, более выраженная в течение первых 3-х суток.

Для обоснования существенности различий параметров шишек использование стандартного критерия Стьюдента нецелесообразно, т.к. данные характеризуются разными дисперсиями (0,47–0,51 см). При этом не удается выявить различия, вызываемые неучитываемыми факторами. С целью получения более объективных результатов целесообразно использовать непараметрические критерии, не чувствительные к параметрам частотного распределения изучаемого признака. В качестве альтернативы критерию Стьюдента для связанных выборок использовали критерий Уилкоксона.

По мере высыхания шишек наблюдается уменьшение их длины. В течение первых 2-х суток длина шишек сокращалась наиболее заметными темпами (значимые различия при p=0,001). Начиная с 3-х суток темп снижения длины резко замедлился и в дальнейшем в некоторой степени стабилизировался.

Анализ различия частотных распределений (рис. 1) с использованием критерия χ^2 показал, что результаты первых суток наблюдений значимо не отличаются от последующих – χ^2=0,44-1,57 (критическое значение при p=0,05 – 15,51).

Ранжированные данные, характеризующие длину шишек, не имеют резко различающихся значений, располагаются довольно компактно, что подтверждают результаты статистической обработки (табл. 2).

Из эксперимента видно, что диаметр шишек является менее стабильным показателем. Различие средних значений, характеризующих выборку, за декаду составило 0,51 см при варьировании признака от 9,3 до 15,3 %, точность исследований – около 2 %. Наблюдается устойчивая равномерная тенденция увеличения диаметра шишек по мере их раскрытия. Незначительное отклонение параметров признака на 6-е сутки связано с кратковременным увеличением влажности воздуха (шишки слегка закрылись). В последующие дни наблюдалось восстановление начальной тенденции.

Проверка различий диаметров шишек в течение декады с использованием критерия Уилкоксона при p=0,001 показала их значимость в подавляющем количестве сравниваемых пар (исключение составили пары наблюдений на 4–6-е и 9–10-е сутки).

Анализ различия частотных распределений (рис. 2) с использованием критерия χ^2 показал, что результаты наблюдений первых суток значимо не отличаются от последующих 2-х суток – χ^2=2,06-9,15 (критическое значение при p=0,05 – 15,51), что связано с началом процесса раскрывания шишек. По сравнению с данными 4-х суток величина χ^2

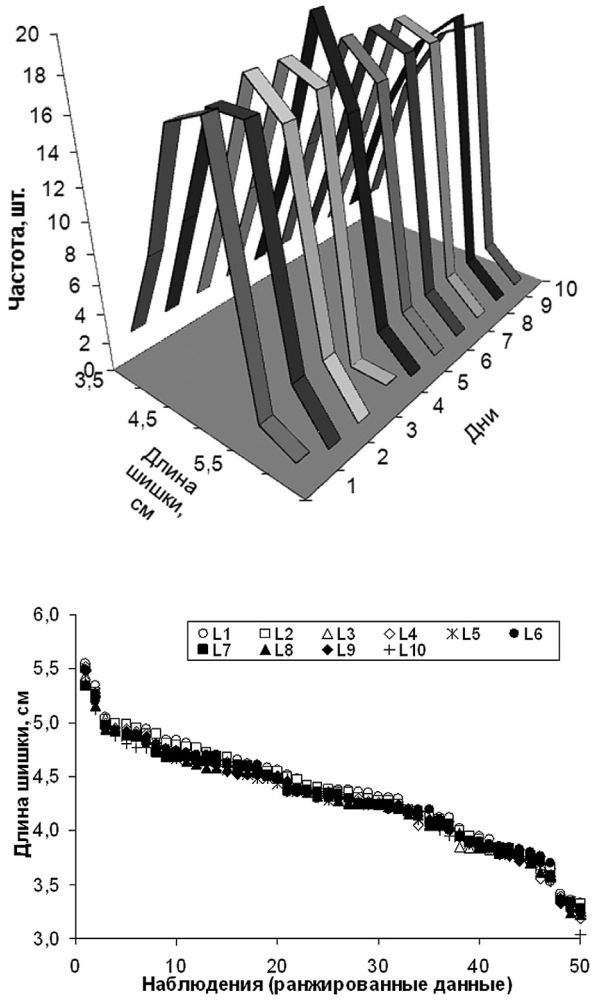


Рис. 1. Частотные распределения и ранжированные данные измерений длины шишек (динамика за 10 дней)

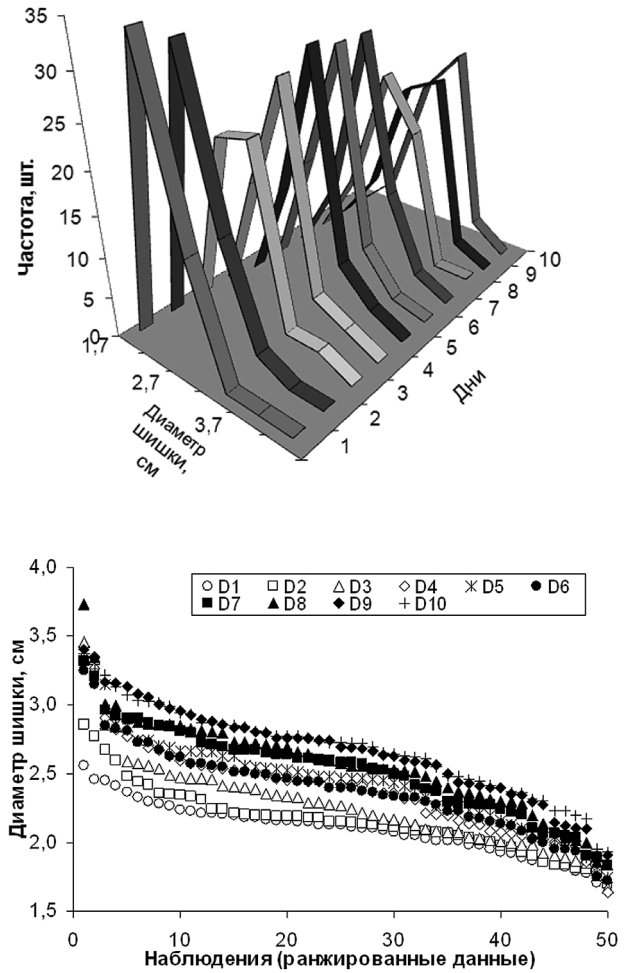


Рис. 2. Частотные распределения и ранжированные данные измерений диаметров шишек (динамика за 10 дней)

достигает значения 18,67 (критическое значение при p=0,01 – 20,09); на 5-е сутки χ^2=26,07 (критическое значение при p=0,001 – 26,12). В последующие дни различия продолжают усиливаться и достигают максимума к концу декады – χ^2=53,4. Эксперимент показал, что начиная с 4-х суток темп раскрывания шишек возрастает из-за резкого увеличения испаряющей поверхности, что приводит к закономерному увеличению их диаметра.

Ранжированные данные, характеризующие диаметр шишек, не имеют резких скачков, но на графике располагаются менее компактно, что соотносится с данными стандартной статистической обработки (табл. 2).

Наименее стабильным показателем по результатам эксперимента оказался коэффициент формы шишки. Различие средних значений, характеризующих выборки, за декаду составило 0,46 (варьирование признака от 7,1 до 12,4 %), точность исследований – до 2 %. Наблюдается устойчивая равномерная тенденция снижения коэффициента формы шишек по мере их подсыхания и раскрытия.

Проверка различий коэффициентов формы шишек в течение декады с использованием критерия Уилкоксона при p=0,001 подтвердила существенную разницу преобладающего количества сравниваемых пар (исключение составили пары на 4–6 и 9–10-е сутки, что несколько выходит за рамки установленной тенденции).

Анализ различия частотных распределений (рис. 3) с использованием критерия χ^2 показал, что результаты первых 2-х суток наблюдений значимо не отличаются – χ^2=2,91.

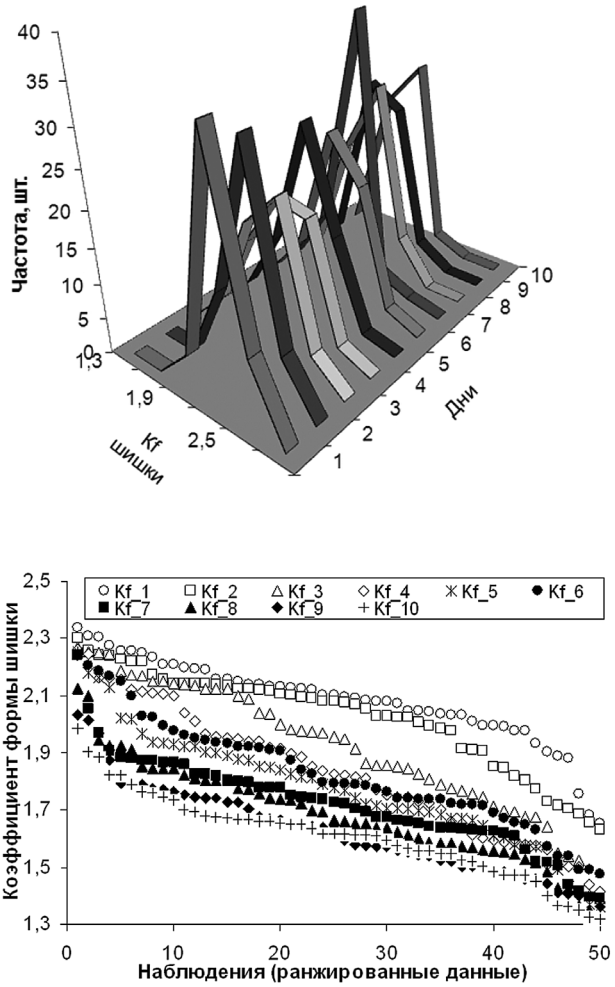


Рис. 3. Частотные распределения и ранжированные данные коэффициентов формы шишек (динамика за 10 дней)

На 3-и сутки χ^2=17,40 – различие коэффициентов формы уже существенно при p=0,05 (критическое значение 15,51). На 4-е сутки величина χ^2 достигает значения 29,95 – различие существенно при p=0,01 (критическое значение 20,09); на пятые – χ^2=41,75 – превышает критическое значение при p=0,001 – 26,12. В последующие дни различия продолжают увеличиваться и достигают максимума к концу декады – χ^2=75,56. Это свидетельствует о завершении процесса раскрывания шишек.

Ранжированные данные, характеризующие коэффициенты формы шишек, не имеют резких скачков, хотя на графике располагаются наименее компактно, что соответствует данным стандартной статистической обработки (табл. 2).

При анализе данных прослеживаются сходные тенденции изменения отдельных климатических показателей и линейных размеров шишек за исследуемый период (табл. 1, 2).

Корреляционный анализ выявил заметную обратную недостоверную связь между средней длиной шишек за декаду и температурой воздуха в 19 ч. (r = -0,55); заметную обратную недостоверную связь с величиной атмосферного давления (r = -0,56). Связь между средним диаметром за декаду и температурой воздуха в 19 ч. прямая, заметная, недостоверная (r = 0,51); с величиной атмосферного давления – прямая, высокая, достоверная (r = 0,72) при p=0,05. Связь между средней величиной коэффициента формы шишек за декаду и температурой воздуха в 19 ч. обратная, заметная, недостоверная (r = -0,51); с величиной атмосферного давления – обратная, высокая, достоверная (r = = -0,73) при p=0,05. Количество анализируемых пар данных невелико, поэтому достоверность оценок устанавливали по величине преобразованных коэффициентов корреляции.

При построении множественных линейных моделей получены более значимые результаты: зависимость средней длины шишек за декаду от величины климатических показателей выражается уравнением вида

$$L = 7{,}23634-0{,}00508\times t(°C)-0{,}00389\times P(\text{мм рт.ст.});$$

значение коэффициента детерминации R^2=0,57. Критерий Фишера F=4,58 подтверждает значимость модели при p=0,05.

Зависимость среднего диаметра шишек за декаду от величины климатических показателей выражается уравнением вида

$$D = -23{,}7316+0{,}030951\times t(°C)+0{,}035028\times P(\text{мм рт.ст.});$$

значение коэффициента детерминации R^2=0,72. Критерий Фишера F=9,15 подтверждает значимость модели при p=0,01.

Зависимость средней величины коэффициента формы шишек за декаду от величины климатических показателей выражается уравнением вида

$$Kf = 23{,}01039-0{,}02486\times t(°C)-0{,}02824\times P(\text{мм рт.ст.});$$

значение коэффициента детерминации R^2=0,74. Критерий Фишера F=9,89 подтверждает значимость модели при p<0,01.

Построение значимых множественных линейных моделей зависимости размеров шишек от комплекса климатических факторов свидетельствует о важности последних при изучении морфометрических показателей шишек сосны обыкновенной в процессе подсыхания и раскрывания, что необходимо учитывать при измерении шишек.

Таким образом, хранение шишек сосны обыкновенной в лабораторных условиях приводит к быстрым изменениям их размеров, что сказывается на кондиции собранного экспериментального материала. По мере высыхания шишек (в течение декады) наиболее стабильным показателем остается их длина. В большей степени меняется диаметр шишек из-за их раскрывания при высыхании. Величина синтетического показателя – коэффициента формы – изменяется в пределах 7–12 %.

Использование непараметрических критериев позволило выявить и оценить различия параметров, начиная с первого дня хранения шишек сосны обыкновенной. Анализ частотных распределений по параметрам длины, диаметра, коэффициента формы шишек показал целесообразность выполнения измерений не позднее 3-х суток после сбора экспериментального материала.

На основе эксперимента установлены тренды уменьшения длины и увеличения диаметров шишек в первую декаду их хранения в зависимости от климатических показателей. Определены значимые множественные линейные модели зависимости размеров шишек от основных климатических показателей, характеризующих динамику процесса высыхания и раскрывания шишек. Уравнения могут быть использованы для определения поправочных коэффициентов к линейным размерам шишек при выполнении измерений в разные дни (для получения выровненных результатов эксперимента).

Библиографический список

1. Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер; [пер. с нем. Н. В. Лобанова]. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 423 с.
2. Метамерная изменчивость показателей женской репродукции сосны обыкновенной в районе заповедника «Брянский лес» / В.П. Иванов, И.Н. Глазун, С.И. Марченко и др. // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГИТА, 2010. – Вып. 25.– С. 101–104.
3. Некоторые итоги работы Проблемной лаборатории за 9 лет / В.П. Иванов, С.И. Марченко, И.Н. Глазун и др. // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГИТА, 2006. – Вып. 13.– С. 38–40.
4. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
5. Arora, R. Adaptations and responses of woody plants to environmental stresses [Text] / R. Arora // Food products press, The Haworth Press, Inc., Binghamton, NY, USA. – 2004. – 311 p.
6. Gil, L. Cone morphology variation in Pinus canariensis Sm. [Text] / L. Gil, J. Climent, N. Nanos, S. Mutke, I. Ortiz, G. Schiller // Plant Syst. Evol. – 2002. – №235. – P. 35–51.
7. Kozlowski, T.T. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses [Text] / T.T. Kozlowski, S.G. Pallardy // The botanical review. – 2002. – №68(2). – P. 270–334.
8. Palowski, B. Seed yield from polluted stands of Pinus sylvestris L. [Text] / B. Palowski // New Forests. – 2000. – №20. – P. 15–22.

ПРОБЛЕМЫ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.Ю. АЛЕКСЕЕНКО, *зав. отделом лесоводства ФГУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», канд. с.-х. наук*

alexeenko.alex@gmail.ru

Сложные разновозрастные леса Дальнего Востока России имеют огромное экологическое и экономическое значение. Это леса естественного происхождения, и значительная их часть может быть классифицирована как «девственные», «старовозрастные» или как «леса высокой природоохранной ценности» [1, 2]. Основные массивы разновоз-

Таблица 1

Распределение площади разновозрастных лесов Дальневосточного региона по преобладающим породам, краям и областям (на 01.01.2008), тыс. га

Субъекты РФ	Преобладающие древесные породы								
	кедр	ель	пихта	дуб	ясень	каменная и ребристая березы	клен	ильм	липа
Приморский край	2215,9	2569,8	426,2	2009,1	298,2	691,1	6,0	119,9	388,2
Хабаровский край	538,7	7007,9	615,4	325,9	89,6	1057,7	6,7	28,5	306,6
Еврейская АО	159,9	157,1	81,5	339,1	3,1	81,4	0,1	1,6	94,4
Амурская область	7,9	438,2	45,4	400,3	0,6	64,6	–	1,3	19,0
Сахалинская область	0,1	1181,0	1006,2	25,1	–	1058,3	5,7	–	–
Камчатский край	–	194,9	–	–	–	5870,9	–	–	–
Магаданская область	–	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Чукотский АО	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Республика Саха (Якутия)	396,0	345,3	20,9	–	–	–	–	–	–
Итого	3318,5	11894,3	2195,6	3099,5	391,5	8824,0	18,5	151,3	808,2

растных лесов сосредоточены на юге региона, характеризуются сложным строением древостоев и высоким биоразнообразием. В Приморском крае, Еврейской автономной области и на юге Хабаровского края распространены хвойно-широколиственные леса, представленные насаждениями с преобладанием кедра корейского, дуба, ясеня, ильма, клена, березы ребристой и липы. Они занимают более 8 млн га, с запасом древесины около 1,25 млрд м^3, значительная часть их (около 42 % площади) относится к спелым и перестойным (табл. 1). С продвижением на север и в верхние пояса гор хвойно-широколиственные леса сменяются на елово-пихтовые и еловые леса с преобладанием елей аянской, сибирской, корейской, Глена и др., пихт белокорой, сахалинской, Майра. Общая площадь насаждениями елово-пихтовых, еловых и пихтово-еловых лесов региона превышает 14 млн га, с запасом древесины 2,28 млрд м^3, причем около 3/4 этих ресурсов приходится на спелые и перестойные древостои. Более 90 % площади темнохвойных лесов сконцентрировано в Приморском, Хабаровском краях и Сахалинской области [3].

Значительные площади на Сахалине, Камчатке и севере Хабаровского края занимают леса с преобладанием березы каменной. К сожалению, в статистической отчетности по лесному фонду береза каменная и береза ребристая учитываются под одним кодом, и выделить их площади отдельно по краям и областям не представляется возможным (табл. 1).

В начальный период освоения Дальнего Востока основной объем древесины заготавливался в хвойно-широколиственных лесах. Преобладали выборочные рубки разной интенсивности, что позволило сохранить покрытые лесом площади на юге региона. Заготавливалась в основном древесина кедра корейского. Основная эксплуатационная нагрузка ложилась на кедровую хозяйственную секцию, что привело к ее истощению. Начиная с 1980-х годов отпуск древесины в кедровой хозсекции неуклонно падал (рис. 1). В 1989 г. рубки в кедрово-широколиственных лесах были запрещены. Промышленные лесозаготовки переместились в зону тайги – в елово-пихтовые и лиственничные леса.

Южная часть Дальнего Востока в настоящее время характеризуется деконцентрацией лесосечного фонда. Эксплуатационные участки леса располагаются на значительном удалении от дорог общего пользования. Несмотря на то, что в районах прежнего промышленного освоения сохранились относительно большие запасы твердолиственных и мягколиственных пород, использование расчетной лесосеки по твердолиственному хозяйству было незначительное и до 2000 г. не превышало 18 %. Рубки в твердолиственных лесах носят приисковый характер с выборкой, в основном высококачественной древесины дуба и ясеня [3, 4, 5].

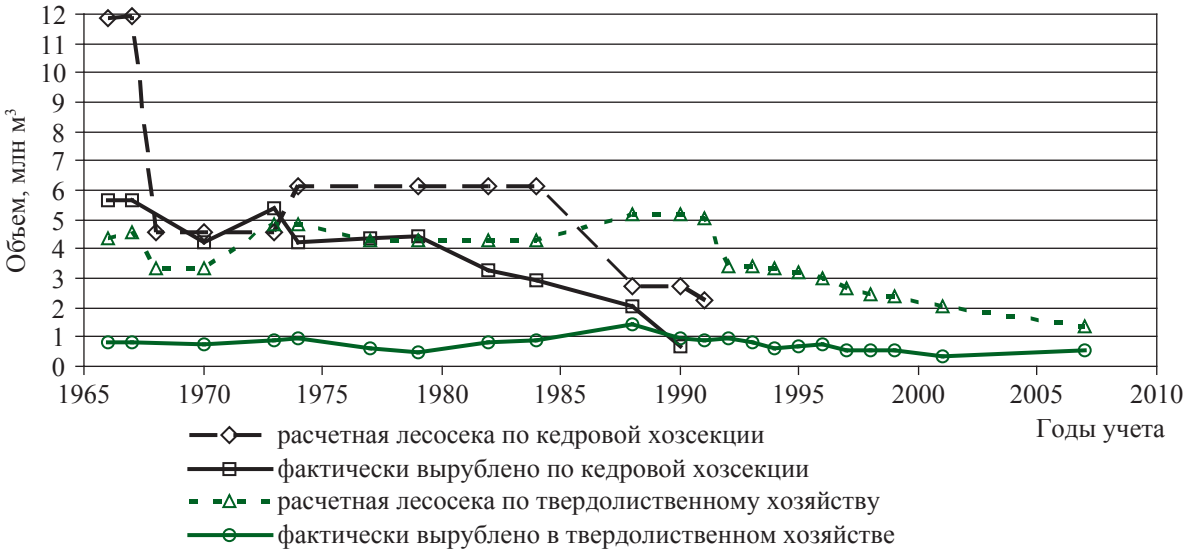


Рис. 1. Динамика отпуска древесины в хвойно-широколиственных лесах Хабаровского, Приморского краев и Еврейской автономной области

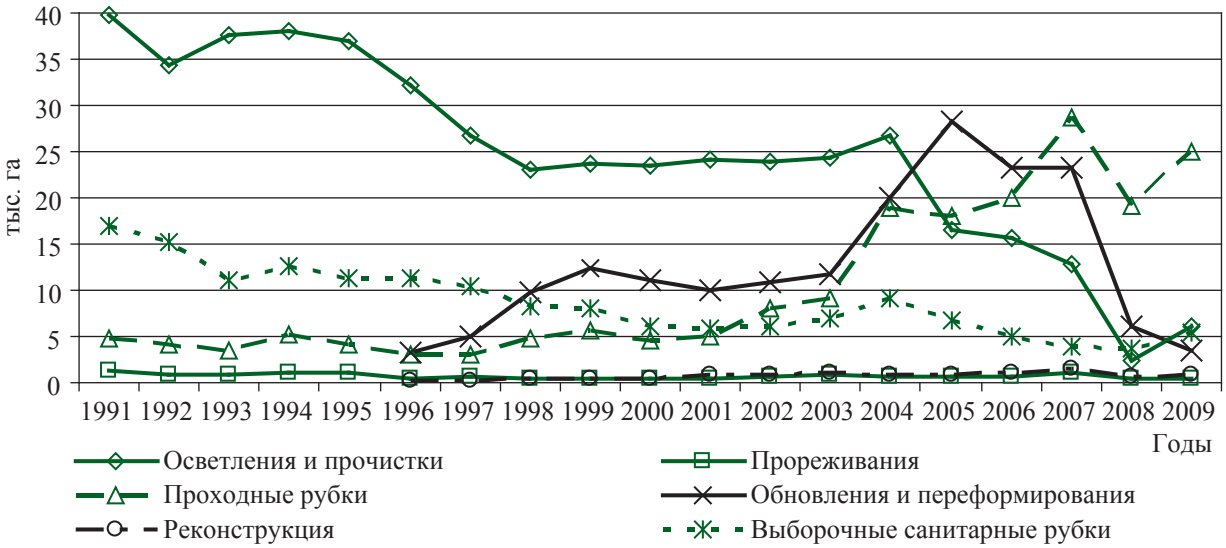


Рис. 2. Динамика площади рубок ухода в Еврейской автономной области, Хабаровском и Приморском краях

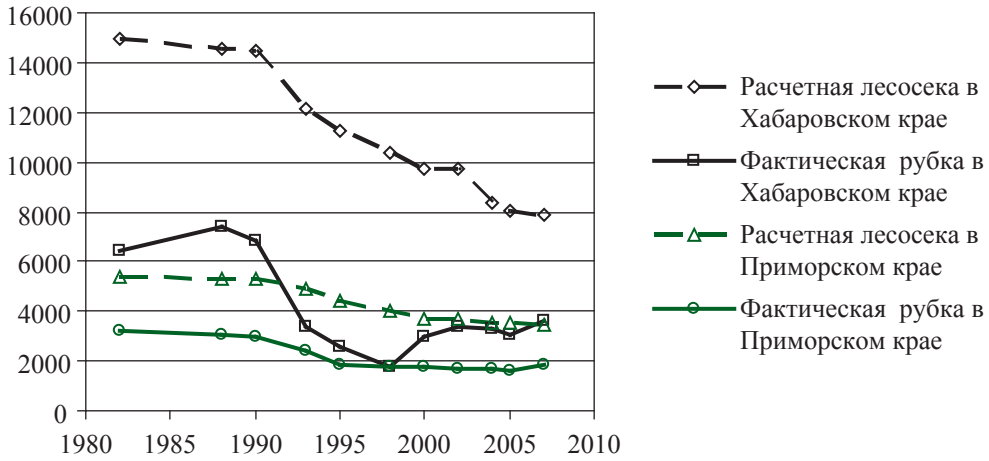


Рис. 3. Динамика расчетной лесосеки и фактической заготовки древесины в елово-пихтовых лесах Приморскогр и Хабаровского краев

Таблица 2

Динамика площадей елово-пихтовых лесов Дальнего Востока, тыс. га

Субъекты РФ		Годы учета						
		1966	1983	1988	1993	1998	2003	2008
Приморский край	тыс. га	2798	2914,2	3112,4	3060,1	2958,2	3082,5	2996
	млн м^3	568,1	547,5	559,5	551,03	531,28	550,1	530,12
Хабаровский край	тыс. га	9638	9527,1	8785,8	8549,7	8530,7	7959,6	7623,3
	млн м^3	1776,8	1780,7	1512,58	1429,75	1400,87	1280,34	1203,24
Еврейская АО	тыс. га	–	–	–	232,4	233,8	256,6	238,6
	млн м^3	–	–	–	34,95	33,15	35,59	35,41
Амурская область	тыс. га	282	486,4	468,4	498,2	496,1	493,9	483,6
	млн м^3	44,1	82,3	80,03	82,28	81,06	80,63	77,81
Сахалинская область	тыс. га	1894	2118,8	2107,7	2152	2113	2186,9	2187,2
	млн м^3	386	384,3	388,69	361,14	343,5	361,26	351,03
Камчатский край	тыс. га	178	201,1	213	210	209,7	212,4	194,9
	млн м^3	36,5	45,2	38	38	37,83	36,6	33,57

Значительную роль в использовании хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока играют рубки ухода – рубки обновления и переформирования, проходные рубки. На их долю приходится 60–70 % площади и до 98 % объема всех рубок ухода (рис. 2).

На фоне сокращения рубок ухода в молодняках и прореживаний необоснованно увеличились объемы проходных рубок и рубок обновления. В Приморском крае объемы заготовки древесины при рубках ухода составляют третью часть от общего объема заготовки. Практика проведения рубок ухода дискредитировала идею этих лесохозяйственных мероприятий. В основном под видом «рубок ухода» вырубаются наиболее продуктивные и устойчивые леса, имеющие защитное значение. Фактически возродились «рубки главного пользования» в кедрово-широколиственных лесах. Сохранение подобной практики проведения рубок ухода в хвойно-широколиственных лесах ставит под угрозу существование наиболее ценных лесов региона [6].

Промышленное освоение елово-пихтовых лесов региона началось в 1960-е годы. Наиболее активно оно продолжилось в годы строительства Байкало-Амурской магистрали. В настоящее время темнохвойные леса являются основным объектом промышленных рубок. До 1990-х годов в елово-пихтовых лесах абсолютно преобладали сплошнолесосечные рубки. Значительная часть лесосек разрабатывалась без сохранения подроста с применением валочно-пакетирующих и валочно-трелевочных машин, а также по устаревшим технологиям с трелевкой деревьев за комли при использовании тракторов с чокерной оснасткой.

Экстенсивное освоение елово-пихтовых лесов привело к катастрофическому сокращению их площади, особенно в Хабаровском крае (табл. 2). Накопление пройденных рубками площадей, старых вырубок и пустырей, разветвленная сеть лесовозных дорог способствовали возникновению и распространению катастрофических лесных пожаров в Дальневосточном регионе. Рубки в этом случае можно считать основной причиной лесных пожаров. Наряду со сплошнолесосечными рубками и лесными пожарами на сокращение дальневосточных елово-пихтовых лесов влияет явление усыхания ельников, которое происходит, по мнению большинства исследователей, под воздействием комплекса неблагоприятных природных явлений [3, 5, 7].

Экстенсивное освоение елово-пихтовых лесов привело к сокращению расчетной лесосеки, что также особенно заметно на примере Хабаровского края (рис. 3). При современной тенденции сокращения площадей и запасов елово-пихтовых лесов можно предположить, что в Хабаровском крае уже к 2030 г. не останется эксплуатационных елово-пихтовых лесов. Темпы сокращения расчетной лесосеки в Приморском крае значительно меньше, чем Хабаровском, и не имеют

такой катастрофической тенденции, хотя елово-пихтовые леса Приморья эксплуатируются не менее интенсивно. Это можно объяснить тем, что доля выборочных рубок в Приморье на порядок выше, чем в Хабаровском крае. В 2007 г. их доля составляла 58 %, в 2009 г. – 70 %. В Хабаровском крае доля выборочных рубок составляет только 14 % по объему.

В заключение можно отметить, что стратегия и методы освоения сложных разновозрастных лесов в Дальневосточном регионе срочно требуют пересмотра как со стороны органов исполнительной власти субъектов РФ в области лесного хозяйства, так и со стороны арендаторов, занимающихся заготовкой древесины.

Необходима разработка региональных правил заготовки древесины и ухода за лесами, в которых должны быть учтены положительные наработки прежних нормативных документов и недостатки практики рубок [8].

При заготовке древесины в спелых и перестойных лесах требуется повсеместное внедрение выборочных форм ведения хозяйства. Для елово-пихтовых лесов наиболее подходят выборочные и длительно-постепенные. Для дальневосточных условий необходимо предусматривать назначение деревьев в рубку с отпускных диаметров, так как индивидуальный отбор деревьев в рубку при значительных объемах заготовки является сдерживающим фактором внедрения выборочных форм хозяйства. Для освоения лесов на крутых склонах (свыше 20 град.) наиболее подходят чересполосные постепенные рубки, в том числе с применением специальных крутосклонных тракторов с выравниваемой верхней конструкцией. Сплошные рубки должны проводиться только в низкополнотных древостоях по санитарному состоянию.

При заготовке древесины в хвойно-широколиственных лесах необходимо установить минимальные отпускные диаметры для ценных твердолиственных пород, ниже которых деревья не должны назначаться в рубку. Минимальные отпускные диаметры в защитных лесах для ясеня и березы желтой 38 см (ступень толщины 40 см), дуба 42 см (ступень 44 см), липы 34 см (ступень толщины 36 см), клена 30 см (ступень 32 см). Минимальные отпускные диаметры в эксплуатационных лесах для ясеня и березы желтой 34 см (ступень 36 см), липы 30 см (ступень толщины 32 см), дуба 38 см (ступень 40 см), клена 26 см (ступень 28 см). Выполнение этого требования обеспечит равномерность использования ресурсов твердолиственной древесины и комплексное использования всех полезностей хвойно-широколиственных лесов.

Необходима разработка нормативов по проведению рубок ухода для хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока, которые в настоящее время отсутствуют. В срочном порядке необходимо запретить проходные рубки в кедрово-широколиственных лесах, так как они противоречат целевому использованию кедровых лесов и приводят к деградации этой ценной лесной формации.

Библиографический список

1. Девственные леса Дальневосточного экорегиона: критерии выделения и методика картографирования / В.Н. Дюкарев, В.В. Ермошин, Д.Ф. Ефремов и др. – Хабаровск: Изд-во Хабаровского государственного технического университета, 2000. – 60 с.
2. Выделение лесов высокой природоохранной ценности в Приморском крае. Категории, важные для сохранения растительного покрова. / Д.Е. Аксенов, М.Ю. Дубинин, М.Л. Карпачевский и др. – М.: Изд-во МСоЭС, 2006. – 184 с.
3. Современное состояние лесов Российского Дальнего Востока и перспективы их использования / под редакцией А.П. Ковалева. – Хабаровск: изд-во ДальНИИЛХ, 2009. – 470 с.
4. Корякин, В.Н. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока России (динамика, состояние, пользование ресурсами, реабилитация) / В.Н. Корякин. – Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ», 2007. – 359 с.
5. Лесной комплекс Дальнего Востока России: аналитический обзор / под ред. А.С. Шейнгауза. – Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2005. – 160 с.
6. Алексеенко, А.Ю. Рубки ухода на Дальнем Востоке – 50 лет практического применения / А.Ю. Алексеенко // Леса Российского Дальнего Востока 150 лет изучения: Материалы Всероссийской конференции, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН Колесникова Б.П. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 336–339.
7. Матвеева, А.Г. О состоянии ельников Северного Сихотэ-Алиня / А.Г. Матвеева // Лесное хозяйство. – 2009. – № 1. – С. 30–31.
8. Правила рубок главного пользования в лесах Дальнего Востока. – М., 2000. – 32 с.

СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МЕНЕЕ РАЗРУШЕННЫХ И УПРАВЛЯЕМЫХ ТРАДИЦИОННЫМ СПОСОБОМ НАСАЖДЕНИЙ В СЕВЕРНОМ ЗАГРОСЕ (Г. БАНЭ, ЗАПАД ИРАНА)

Л. ГАХРАМАНИ, *доц. Курдистанского университета Ирана, канд. с.-х. наук,*
М. САЛЕХИАН, *магистр лесного хозяйства Курдистанского университета Ирана,*
Х. ГАЗАНФАРИ, *доц. Курдистанского университета Ирана, канд. с.-х. наук*

l_ghah@yahoo.com; l.ghahramani@uok.ac.ir

Изучаемые насаждения находятся на западе Ирана, на территории города Банэ, расположенного в Курдистанской области (45°, 40′,55″ – 45°, 50′,45″ восточной долготы и 35°, 55′,15″ – 35°, 45′,45″ северной широты). Банэ находится на северо-западе горной гряды Загроса на высоте 1550 метров над уровнем моря. По данным метеорологов, средний уровень осадков на указанной территории составляет 760 мм. Район характеризуется холодными зимами, максимальная средняя температура составляет 15,7°С и минимальная средняя температура составляет 8,4°С. Изучаемые насаждения имеют порослевые формы

Таблица 1

Физико-географические факторы исследуемых насаждений Боиина

Насаждение	Менее разрушенные насаждения			Традиционный способ		
№ пробы	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м
1	юго-восточное	12	1536	юго-восточное	20	1634
2	юго-восточное	12	1614	юго-восточное	25	1641
3	юго-восточное	25	1630	юго-восточное	17	1650
4	юго-восточное	20	1650	юго-восточное	20	1655
5	юго-восточное	17	1632	юго-восточное	17	1684

Таблица 2

Физико-географические факторы исследуемых насаждений Шои

Насаждение	Менее разрушенные насаждения			Традиционный способ		
№ пробы	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м
1	северо-западное	27	1427	северо-западное	20	1514
2	северо-западное	17	1491	северо-западное	17	1507
3	северо-западное	25	1440	северо-западное	20	1508
4	северо-западное	23	1510	северо-западное	25	1461
5	северо-западное	30	1527	северо-западное	15	1505

Таблица 3

Физико-географические факторы исследуемых насаждений Ягобабада

Насаждение	Менее разрушенные насаждения			Традиционный способ		
№ пробы	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м	Направление	Наклон, %	Высота над уровнем моря, м
1	северо-западное	1468	10	северо-западное	1439	17
2	северо-западное	1425	15	северо-западное	1496	25
3	северо-западное	1431	15	северо-западное	1459	22
4	северо-западное	1469	12	северо-западное	1472	20
5	северо-западное	1447	17	северо-западное	1480	17

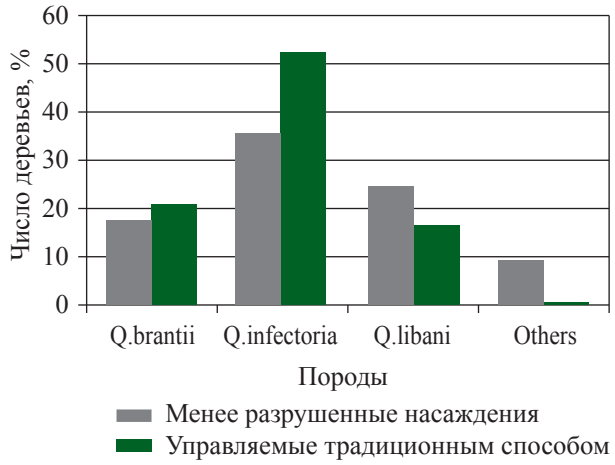


Рис. 1. Состав деревьев в исследуемых насаждениях

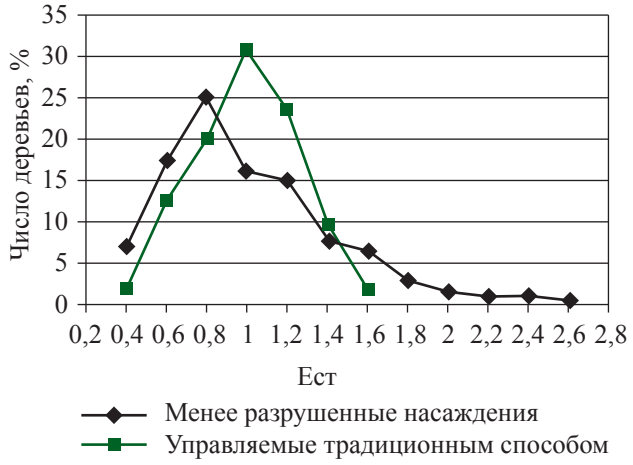


Рис. 2. Распределение деревьев по ступеням толщины в исследуемых насаждениях

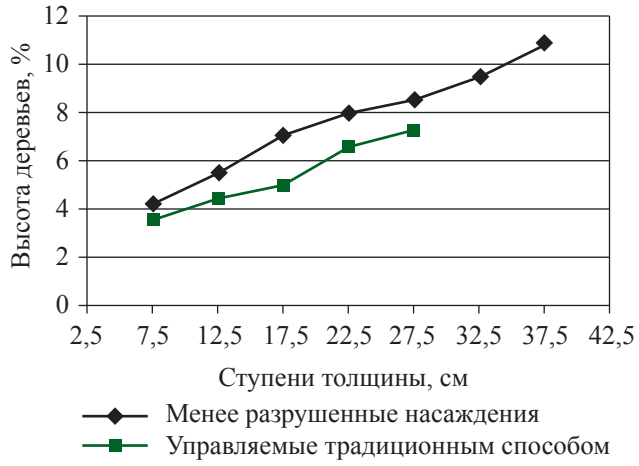


Рис. 3. Распределение высоты деревьев по ступеням толщины в исследуемых насаждениях

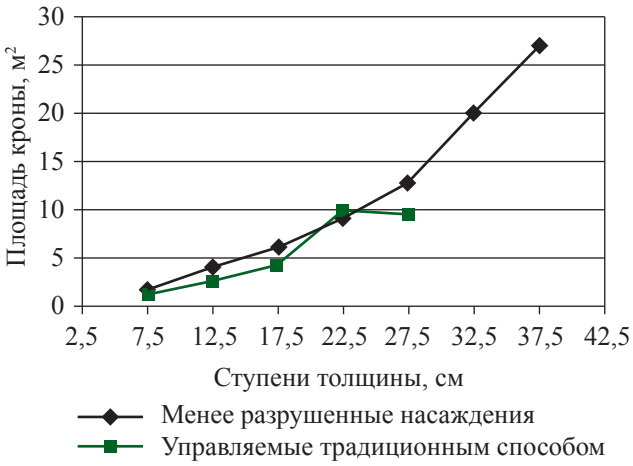


Рис. 4. Распределение площади кроны по ступеням толщины в исследуемых насаждениях

и находятся почти в разрушенном состоянии. Наиболее распространенными являются три породы дуба, а именно *Quercus branti*, *Quercus infectoria*, *Quercus libani*. Данные породы произрастают на высоте 1200–2200 м над уровнем моря. Существует местная методика лесопользования на исследуемой территории. В традиционном лесопользовании управляют и одновозрастным (на стволе деревьев), и разновозрастным (на земле) способами с целью отведения пастбищ для скота и участков для выращивания и получения древесины.

Методика исследования

Для проведения исследования в трех районах города Банэ было выбрано 6 менее разрушенных и управляемых традиционным способом лесных насаждений. Выбранные насаждения в каждом районе имели идентичные физико-географические факторы (табл.1, 2, 3). В каждом насаждении методом случайно-систематической выборки было заложено 5 прямоугольных пробных площадей размером 0,06 га (20×30 м). На пробных площадях у всех деревьев и побегов с толщиной больше 5 см были измерены диаметр на высоте груди, высота, диаметр кроны. Следует отметить, что на этих пробах были также измерены вегетативное и семенное возобновления. Оценка нормального распределения эмпирических данных проводилась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова (λ).

Сопоставление изученных насаждений с точки зрения состава было выполнено с помощью критерия хи-квадрата Пирсона (χ2).

Сопоставление изученных насаждений по диаметру, высоте и поперечному сечению проводилось с помощью критерия Стью-

Таблица 4

Таксационные характеристики насаждений Шоэ

Насаждения	Таксационные показатели	M	E	S	V	P, %
Управляемые традиционным способом	Диаметр, см	13,1	±0,2	±3,3	25,3 %	3,1
	Высота, м	4,0	±0,05	±0,8	21,2 %	2,2 %
	Площадь поперечного сечения,м^2/га	10,34	±0,67	±1,51	14,60 %	12,28 %
	Площадь кроны, м^2	2,42	±0,14	±2,01	83 %	10,87 %
Менее разрушенные	Диаметр, см	13,2	±0,3	±5,3	40,7 %	4,6 %
	Высота, м	6,0	±0,1	±2,1	35,4 %	3,9 %
	Площадь поперечного сечения, м^2/га	15,26	±1,76	±3,94	25,80 %	21,88 %
	Площадь кроны, м^2	4,2	±0,23	±3,81	90 %	11,83 %

Примечание: M – среднее арифметическое; S – среднее квадратическое отклонение;V – коэффициент вариации; E – ошибка средней; P – ошибка оценки

Таблица 5

Таксационные характеристики насаждения Боиин

Насаждения	Таксационные показатели	M	E	S	V	P, %
Управляемые традиционным способом	Диаметр, см	6,5	±0,1	±1,1	16,9 %	3,1 %
	Высота, м	3,5	±0,1	±0,6	18,4 %	2,6 %
	Площадь поперечного сечения,м^2/га	1,71	±0,18	±0,41	23,90 %	19,88
	Площадь кроны, м^2	1,1	±0,07	±0,94	85 %	12,78 %
Менее разрушенные	Диаметр, см	10,8	±0,3	±4,3	39,8 %	5,5 %
	Высота, м	4,2	±0,1	±1,4	33,3 %	3,7 %
	Площадь поперечного сечения, м^2/га	9,36	±0,81	±1,81	19,33 %	16,35 %
	Площадь кроны, м^2	3,30	±0,24	3,07	93 %	14,90 %

дента. Сопоставление изученных насаждений с точки зрения площади кроны было выполнено с помощью критерия Mann-Whitney.

Анализ данных проводился на персональном компьютере с помощью софтов Spss и Excel.

Выводы

Согласно результату данного исследования различие состава древостоя между менее разрушенными и управляемыми традиционным способом насаждениями достоверно на уровне 1 %(P<0,01) (рис. 1).

Результаты показывают, что в районах Боин и Ягобабад различие среднего диаметра, средней высоты, средней площади поперечного сечения в исследуемых насаждениях на уровне одного процента достоверно (табл. 4–7 и рис. 2, 3 и 4). Однако в районе Шоя по критериям вышеуказанных показателей различие между насаждениями не достоверно.

Результаты статистического анализа подтверждают, что различие количества семенного и порослевого возобновлений (ниже и выше 2 м) в изученных насаждениях достоверно на уровне 1 %.

Согласно результату данного исследования традиционное лесопользование отрицательно влияет на таксационные показатели насаждений. Количественное измерение и наблюдения показывают, что дубовые леса данного района в целом разрушены и требуют восстановления. Для этого целесообразно использовать перспективные местные породы.

Заключение

Следует отметить, что таксационные показатели, определенные нами, точно отражают нынешнее состояние лесов северного Загроса и свидетельствует о том, что в них необходимо проводить соответствующие мероприятия для восстановления жизненно важных ресурсов во избежание их уничтожения. Результаты измерения диаметра свидетельствуют о том, что данные леса в основ-

Таблица 6

Таксационные характеристики насаждения Яагубабад

Насаждения	Таксационные показатели	M	E	S	V	P, %
Управляемые традиционным способом	Диаметр, см	12,3	±0,4	±5,5	44,7 %	6,1 %
	Высота, м	4,9	±0,1	±1,3	26,5 %	3,3 %
	Площадь поперечного сечения,м^2/га	10,85	±0,90	±2,01	18,5 %	15,76 %
	Площадь кроны, м^2	3,20	±0,20	±2,90	90 %	12,70 %
Менее разрушенные	Диаметр, см	14,9	±0,4	±6,9	46,3 %	5,1 %
	Высота, м	6,8	±0,1	±2,3	33,1 %	3,8 %
	Площадь поперечного сечения,м^2/га	24,00	±1,39	±3,11	12,90 %	10,91 %
	Площадь кроны, м^2	6,81	±0,39	±6,70	98 %	11,43 %

Таблица 7

Сопоставление изученных насаждений с точки зрения таксационных показателей с помощью критерия Стьюдента

Показатели	Районы											
	Ягубабад				Боиин				Шоэ			
	Критерии											
	P	T	P	F	P	T	P	F	P	T	P	F
D1.30,м	p<0,005	4,99	p < 0,01	22,02	p<0,005	13,06	p<0,01	83,84	P=0,73	0,36	p<0,01	39,29
G,м^2/га	p<0,005	4,20	p<0,01	20,88	p<0,005	6,10	p<0,01	39,43	P=0,067	1,84	p<0,01	26,50
h, м	p<0,005	11,50	p<0,01	63,58	p<0,005	6,70	p<0,01	35,82	p<0,005	12,30	p<0,01	154,85

Таблица 8

Сопоставление изученных насаждений с точки зрения площади кроны с помощью критерия Mann-Whitney

Показатели	Районы					
	Яагубабад		Боиин		Шоэ	
	Критерии					
	P	Z	P	Z	P	Z
Площадь кроны, м^2	p < 0,005	–7,86	p < 0,005	–6,96	p < 0,005	–4,43

Таблица 9

Таксационные характеристики семенного и порослевого возобновлений

Район	Семенное возобновление выше 2 м				Порослевое возобновление выше 2 м			
	Mean±S.e. (±S.D.)							
	Менее разрушенные насаждения	Управляемые традиционным способом	Менее разрушенные насаждения	Управляемые традиционным способом	Менее разрушенные насаждения	Управляемые традиционным способом	Менее разрушенные насаждения	Управляемые традиционным способом
Боиин	135±1060 (±303)	±2867 (±63)	87±420 (±195)	±77 (±15)	152±1646 (340±)	±1071180 (±239)	360±2000 (±805)	53±1040 (±119)
Шои	±2581540 (±576)	±68593 (±152)	131±433 (± 294)	17±53 (±38)	±1241540 (±277)	±1071346 (±238)	±1851340 (±413)	102±886 (±228)
Ягобабад	±3391453 (±758)	46±260 (±103)	90±360 (±202)	8±13 (±18)	±2911573 (±650)	147±660 (±329)	±152866 (±339)	55±260 (±123)

ном состоят из тонких молодых отпрысков. Это показатель того, что в недалеком прошлом в лесах проводились слишком сильные рубки без соблюдения лесоводственных норм на обширных площадях с целью удовлетворения спроса местного населения на топливо и уголь. Поэтому в настоящее время леса северного Загроса состоят из молодых и тонких

отпрысков и незначительного количества деревьев, выросших из семян.

Результаты измерения высоты деревьев показали, что господствующие породы, входящие в состав лесов северного Загроса, имеют небольшую высоту, которая в среднем не превышает 10 метров. Средняя площадь поперечного сечения в дубовых лесах северного Загроса свидетельствует о том, что эти леса расположены на бедных и истощенных почвах. Малое количество осадков в течение периода вегетации и большая продолжительность их отсутствия в весенний и летний периоды, а также качественные характеристики почв обуславливают бедность условий местопроизрастания лесов северного Загроса.

Результаты изучения семенного возобновления показывают, что в лесах северного Загроса оно очень слабое и такой вид возобновления отмечается в основном в местах, находящихся под охраной или в труднодоступных для человеческой деятельности. Следует отметить, что в данных местах почвенные условия и качество подстилки для роста семян находятся в хорошем состоянии.

Проведенные исследования показывают, что существуют факторы, которые мешают дубовым породам осуществлять семенное возобновление. В случае их отсутствия дубовые породы могут возобновляться естественным путем, так как они считаются местными породами и в течение длительного периода времени уже адаптировались к экологическим условиям этого региона. Основными факторами, препятствующими семенному возобновлению дубовых лесов северного Загроса, являются следующие:

– отсутствие здоровых и не поврежденных насекомыми семян;

– отсутствие материнских экземпляров, производящих семена;

– отсутствие влажности почвы вследствие большого расстояния между деревьями и прямого солнечного освещения;

– длительный выпас домашнего скота и уплотнение лесных почв.

В данных лесах вегетативное возобновление происходит нормально. В случае отсутствия порослевой способности дубовых деревьев они были бы давно уничтожены и в настоящее время их бы не было. Вегетативное возобновление в основном встречается в разрушенных и редких насаждениях. В некоторых местах пневая поросль и корневые отпрыски настолько сомкнуты, что не дают возможности для прохода.

В настоящее время следует определить, выполняют ли леса только социально-экологические функции, в том числе почвозащитные, водоохранные, средообразующие, санитарно-гигиенические, защитные и рекреационные.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация: 5-е изд., доп. / Н.П. Анучин. – М: Лесная пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Гахрамани, Л. Моделирование и оптимизация структуры еловых древостоев при выборочном форме хозяйства: дисс. ... канд. с.-х. наук / Л. Гахрамани. – М.: МГУЛ, 1993. – 186 с.
3. Blankenship, B.A., Arthur, M.A., 2006 . Stand structure over 9 years in burned and fire-excluded oak stands on the Cumberland Plateau, Kentucky . Forest Ecology and Management ,225 . 134–145 .
4. Ghahramany L., 2005. Modeling and optimization of coniferous stands structure under selective forestry, thesis for the scientific degree of candidate of agricultural sciences, Moscow, p.186 (In Russian).
5. Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, H., Mohajer, R, M., 2004. Traditional Forest management and its application to encourage public participation for sustainable Forest management in the northern Zagros mountains of Kurdistan Province, Iran. Scandinavian journal of forest research, vol. 19, no4, pp. 65-71, 7 page(s) .
6. maleknia, R., namiranian, M., feghhi, J., aziz, R., 2009. Study of distribution of coppice and high stands in traditional forest management : Case study west forest of Iran. Forest Management , Page 1.
7. pulidoF.J., Diaz,m., Hidaiago de Trucios , S J., 2001. Size structure and regeneration of Spanish holm oak (Quercus ilex) forests and dehesas: effects of agroforestry use on their long-term sustainability. forest ecology and management 146, 1-13.
8. Robert, L. D., Paul E. H., Ewa H. O., and David V. D., 2004. Stand dynamics of mixed red alder – conifer forests of southeast Alaska. Can. J. For. Res. 34 (4): 969–980.
9. Ryniker, K,A., Bush, J,K., Van Auken , O,W., 2006. Structure of Quercus gambelii communities in the Lincoln National Forest, New Mexico,USA. Forest Ecology and Management 233, 69–77.
10. Shackleton, C.M., 2000. Camparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge Lowveld savanna, South Africa. Biological Conservation, 94, 273-285.

СЕЗОННЫЙ РОСТ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЕЛИ В ЮЖНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ В 2009 ГОДУ

А.В. ИВАНОВ *асп. каф. лесных культур МГУЛ*

aleksandrgg86@mail.ru

Весной и летом 2009 г. нами проводились измерения прироста экотипов ели в географических культурах Костромской области (возраст 45 лет) с помощью специально разработанного дистанционного метода [1]. Измерения имели целью выявить особенности динамики сезонного прироста главного побега каждой провениенции, установить общие закономерности процесса роста.

В табл. 1 представлено изменение средней длины прироста побега всех представленных провениенций (происхождений) по датам наблюдения 2009 г. Ранее были установлены фенотипические структуры каждого блока культур (степень гибридности между видами Picea abies (L.) Karst и Picea obovata Ledeb) [2]. Происхождения были сгруппированы в четыре секции по Л.Ф. Правдину: А – ель сибирская; Б – ель европейская; B_1 – ель гибридная (финская) с преобладанием признаков ели сибирской; B_2 – ель гибридная (финская) с преобладанием признаков ели европейской [3, 4]. Ель из Брестской области представлена двумя происхождениями – ляховичским и ганцевичским, также испытывается два происхождения Костромской области – сущевское (местное) и судиславское.

По данным табл. 1 можно видеть, что длина прироста к концу июля у четырех представленных групп различна. Наибольшим приростом характеризуются происхождения с доминированием в фенотипе признаков европейской ели, а наименьший прирост отмечается в группе происхождений с доминированием признаков ели сибирской. Для определения характера варьирования величины прироста по датам наблюдения нами использован показатель «коэффициент дифференциации» (C_d), выгодно отличающийся от коэффициента вариации тем, что исключает влияние увеличивающегося среднего значения признака

$$C_d = (P_{max} - P_{min}) / \sigma,$$

где P_{max} и P_{min} – максимальное и минимальное значения прироста соответственно, мм;

σ – среднее квадратичное отклонение, мм.

Коэффициент дифференциации внутри групп незначительно меняется по датам наблюдения. Это говорит о том, что заданный в конце мая характер варьирования значений прироста между провениенциями сохраняется неизменным на протяжении всего периода роста. Между группами есть небольшие отличия в значениях коэффициента дифференциации, причем наибольшие значения свойственны в конце июля группам Б и B_2, а меньшие – группам А и B_1. Следовательно, у происхождений с доминированием признаков ели европейской разброс значений среднего прироста больше, чем в происхождениях с доминированием ели сибирской.

Для наглядного представления динамики прироста главного побега в каждой из представленных групп происхождений по средним значениям составлен график, приведенный на рисунке. Из графика видно, как с течением времени происходит перераспределение исследуемых групп провениенций по значениям прироста. Материнские насаждения – поставщики семян происхождений А и B_2 – находятся к северу и востоку относительно Костромской области, то есть произрастают в более суровых климатических условиях по сравнению с условиями региона испытания.

Они трогаются в рост раньше, чем южные, западные, северо-восточные и прибалтийские происхождения из ареала Picea abies и ее гибридов. Так, 31 мая разница в приросте составляет около 2 см. К 21 июня группы Б и B_2 догоняют по величине прироста группы А и B_1, затем становятся лидирующими, постепенно увеличивая разрыв до окончания периода вегетации. Таким образом, период интенсивного роста у происхождений с до-

Таблица 1

Динамика прироста главного побега у ели в географических культурах

Экотип (провениенция)	Прирост, мм					
	31 мая	8 июня	21 июня	4 июля	13 июля	26 июля
А – ель сибирская						
Марийский	41	59	71	79	84	87
Татарский	43	65	82	95	101	105
Коми	29	53	81	90	99	100
Пермский	38	66	90	94	98	99
среднее	**37,75**	**60,75**	**81**	**89,5**	**95,5**	**97,75**
σ, мм	6,18	6,02	7,79	7,33	7,77	7,63
C_d	2,3	2,2	2,4	2,2	2,2	2,4
Б – ель европейская						
Брестский (Лях.)	13	38	86	107	114	125
Брестский (Ганц.)	14	33	66	84	89	96
Латвийский	19	45	86	103	112	120
Литовский	21	49	80	102	112	115
Гродненский	12	54	98	130	147	149
среднее	**15,8**	**43,8**	**83,2**	**105,2**	**114,8**	**121**
σ, мм	3,54	7,52	10,4	14,72	18,54	17,1
C_d	2,5	2,8	3,1	3,1	3,1	3,1
B_1 – ель финская с преобладанием признаков ели сибирской						
Тернопольский	40	65	83	92	100	106
Тернопольский	36	65	82	97	105	114
Костромской (Суд.)	32	63	83	88	91	95
Удмуртский	40	62	73	101	111	117
Удмуртский	43	73	98	109	115	120
среднее	**38,2**	**65,6**	**83,8**	**97,4**	**104,4**	**110,4**
σ, мм	4,27	4,34	8,98	8,14	9,42	10,06
C_d	2,6	2,5	2,8	2,6	2,5	2,5
B_2 – ель финская с преобладанием признаков ели европейской						
Эстонский	19	56	76	85	100	111
Псковский	22	54	90	108	122	133
Витебский	21	39	91	100	107	110
Тверской	16	35	72	86	95	107
Новгородский	17	45	93	124	131	138
Карельский	48	70	86	96	99	100
Ленинградский	37	57	93	101	106	109
Костромской (Сущ.)	31	60	72	87	92	101
Костромской (Сущ.)	27	56	89	99	109	115
Костромской (Сущ.)	26	53	85	91	101	114
среднее	**26,4**	**52,5**	**84,7**	**97,7**	**106,2**	**113,8**
σ, мм	10	10,3	8,33	11,91	12,1	12,48
C_d	3,2	3,4	2,5	3,3	3,2	3

минированием в фенотипе признаков ели европейской смещается на более поздние сроки по сравнению с происхождениями из сибирской ели, которые наиболее интенсивно растут на первых этапах периода вегетации.

В табл. 2 вычислены попарно корреляционные связи между величиной прироста и следующими показателями древостоя в провениенциях: N – густота стояния древостоя; H – средняя высота; d – средний диаметр; G – сумма площадей сечений деревьев на гектаре; M – запас древесины; S – сомкнутость полога.

Ни один из рассматриваемых показателей не имеет значительной корреляции с приростом (все $r < 0,4$). Прирост побегов

Таблица 2

Корреляция величины прироста с таксационными показателями провениенций по датам наблюдения

Дата измерения прироста	Таксационные показатели провениенций					
	N	*H*	*d*	*G*	*M*	*S*
31 мая	0,355	–0,194	–0,139	0,316	0,213	0,213
8 июня	0,211	–0,218	–0,046	0,118	0,02	0,02
21 июня	0,185	–0,318	–0,351	–0,12	–0,232	–0,232
4 июля	–0,09	–0,182	–0,159	–0,277	–0,309	–0,309
13 июля	–0,16	–0,111	–0,078	–0,344	–0,349	–0,349
26 июля	–0,17	–0,044	–0,05	–0,331	–0,313	–0,313

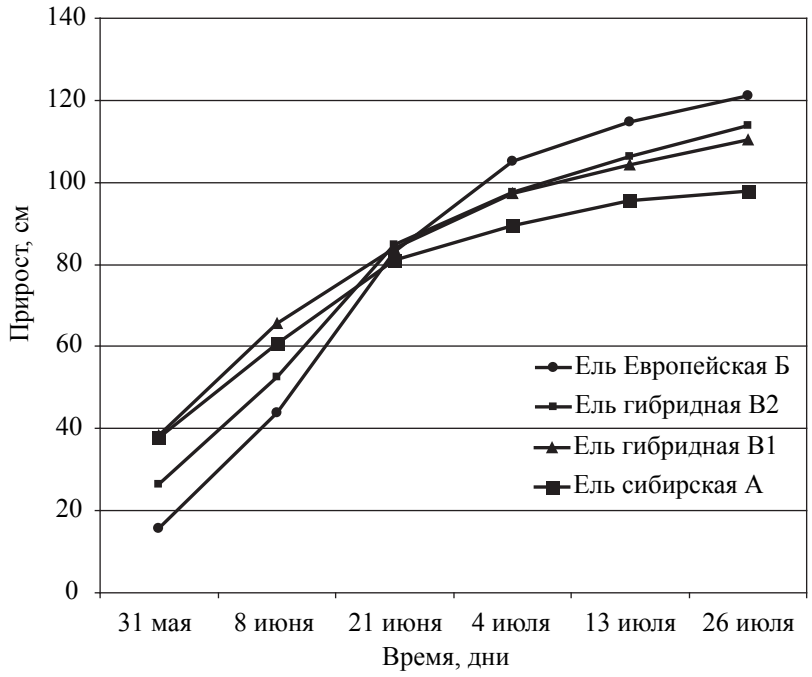


Рисунок. Динамика прироста побега в группах происхождений

у ели различного происхождения в культурах Костромской области в 2009 г. не связан с показателями роста – высотой, диаметром ствола, запасом древесины. Поэтому в возрасте 45 лет в географических культурах величина прироста побега не может быть диагностическим признаком отбора наиболее производительных происхождений. Как известно, успешность той или иной провениенции в географических культурах изменяется на всем протяжении периода их жизни – от сеянцев до спелых насаждений. Поэтому необходимы регулярные измерения как можно большего количества различных показателей в географических культурах.

Библиографический список

1. Иванов, А.В. Метод дистанционного определения прироста побега у ели с помощью цифровой фотографии / А.В. Иванов // Леса Евразии – Подмосковные вечера: Материалы межд. конф. – М., 2010. – С. 182–193.
2. Иванов, А.В. Определение фенотипической структуры провениенций ели в географических культурах Костромской области / А.В. Иванов // Тр. Лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск, 2010. – Вып. 8. – С. 57–59.
3. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1975. – 178 с.
4. Правдин, Л.Ф. Влияние происхождения семян ели обыкновенной на рост культур из них / Л.Ф. Правдин, С.А. Ростовцев // Лесоведение. – 1980. – № 6. – С. 3–10.

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТВЕННИЦЫ В ФАЗЕ ПРИСПЕВАНИЯ

П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
Н.Н. КАРАСЕВ, *гл. специалист-эксперт отдела профилактики лесонарушений Рослесхоза, канд. с.-х. наук*

melnik_petr@bk.ru; k100150@ya.ru

Испытание пород-интродуцентов – сложный процесс, требующий в условиях каждого лесорастительного района проведения большого количества опытов по подбору наиболее продуктивных видов и экотипов. Ареал естественного произрастания различных видов лиственницы занимает практически всю зону бореальных лесов северного полушария. Разнообразие климатических, гидрологических, почвенно-грунтовых и фитоценотических условий в местах естественного произрастания обусловили наличие большого количества видов и межвидовых гибридов лиственницы, а в пределах вида – большого количества экотипов, обладающих различной лесохозяйственной ценностью.

Московская область – уникальный регион, на территории которого с первой половины XIX в. велась научно-практическая работа по интродукции перспективных древесных пород. Различные виды лиственницы, вводимые на ее территории вначале в лесопарковые насаждения, а затем и в лесные культуры, показали высокую продуктивность и устойчивость лиственницы в природно-климатических условиях Подмосковья. Уникальные насаждения, созданные в XIX в. К.Ф. Тюрмером, В.Т. Собичевским, М.К. Турским, А.Я. Аликом и другими лесоводами, показывают высокую лесоводственную эффективность лесных культур лиственницы.

В XX в. с 1947 г. Министерство лесного хозяйства СССР включило лиственницу в качестве главной породы в типы лесных культур для Московской области, результатом чего стало систематическое и планомерное расширение площадей лесных культур лиственницы. С 1948 до второй половины 60-х годов в Московской области ежегодно создавалось от 0,2 до 0,6 тыс. га лесных культур лиственницы [1]. Так как не все лесные культуры с участием лиственницы были удачными, в настоящее время в Московской области произрастают лишь 2,2 тыс. га насаждений этой породы.

Массовое внедрение лиственницы потребовало большого количества качественных семян, поставляемых из различных регионов, и работ по проверке их качества и перспективности использования в европейских областях СССР. Для выявления наиболее продуктивных для Московской области экотипов различных видов лиственницы лесничим Бронницкого лесничества Виноградовского лесхоза П.И. Дементьевым, под руководством проф. В.П. Тимофеева, в 1951–1963 гг. проведены работы по закладке географических культур лиственницы на площади более 48 га с испытанием 53 экотипов лиственницы. Благодаря скрупулезной работе сотрудников лесничества сохранилась полная информация по всем этапам создания объекта. По каждому экотипу велся отдельный журнал с подробной записью наблюдений. Данные о географических посадках Бронницкого лесничества регулярно публиковались [3, 9, 13, 14]. В дальнейшем полные исследования не проводились более 30 лет, что явилось причиной отсутствия до настоящего времени научно подтвержденных рекомендаций по выбору наиболее продуктивных видов и экотипов лиственницы. Выполнение таких исследований особенно важно для уточнения «Лесосеменного районирования основных лесообразующих пород СССР» (1982) и решения вопросов выбора оптимальной схемы смешения пород при создании лесных культур с участием лиственницы.

Объект исследований. Территория Бронницкого лесничества расположена в типичных для Московско-Окской равнины условиях и имеет слабоподзолистые средне-

Таблица 1

Количество видов и экотипов лиственницы, представленных в географических культурах Бронницкого лесничества

Вид лиственницы	Количество испытанных экотипов	Год посадки
посадки 1954–1955 гг.		
Л. Сукачева	15	1954
Л. сибирская	16	1954
Л. европейская	5	1954
Л. даурская	4	1954
Л. Чекановского	1	1954
Л. японская	1	1954
посадка 1958–1963 гг.		
Л. даурская (амурская)	4 (2)	1958
Л. курильская	1	1958
Л. ольгинская	2	1958
Л. европейская	1	1959
Л. польская	2	1959
Гибрид: Л. японскаяЧЛ. европейская	1	1959
Л. американская	1	1963

Рис. 1. Географическое происхождение экотипов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

суглинистые почвы, подстилаемые легкими моренными суглинками. Располагаясь в переходной зоне от елово-широколиственных лесов к лесостепи, этот район характеризуется произрастанием мягколиственных и смешанных дубово-мягколиственных насаждений, а хвойные породы в естественном виде встречаются редко [7].

Посадку географических культур производили вручную, под меч Колесова, двухлетними в 1954 г. и трехлетними в 1955 г. сеянцами лиственницы по раскорчеванной вырубке. Посадки 1954–1955 гг. разбиты на 9 полей, разделенных коридорами шириной 10 м. Экотипы в пределах поля отделены друг от друга разрывом шириной 5 м. Большинство климатипов пред-

Таблица 2

Результаты роста лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества, посадки 1954–1955 гг.

№ эко-типа	Географический район происхождения семян	$D_{ср}$, см	$H_{ср}$, м	N, шт./га	M_{50}, м³/га	$V_{ст}$, м³
I Лиственница сибирская ($P_м$=5 %)		**20,5±0,3**	**23,2±0,3**	**1121**	**463±25**	**0,41**
2	Бурятия, Кяхтинский	20,8	22,3	829	341	0,41
3	Омская, Тарский	20,0	25,4	1595	679	0,43
7	Московская, Бронницкий улуч.	20,7	22,8	1178	482	0,41
8	Московская, Бронницкий норм.	20,6	23,7	1260	544	0,43
9	Тува, Кызылский	18,8	21,9	759	246	0,32
10	Иркутская, Братский	20,0	23,2	1511	586	0,39
16	Красноярский, Енисейский	19,4	25,3	1016	400	0,39
19	Тюменская, Ханты-Мансийский	22,3	23,9	1047	489	0,47
20	Хакасия, Сонский	21,4	23,9	1087	461	0,42
27	Новосибирская, Тогучинский	22,4	22,7	981	473	0,48
30	Красноярский, Туруханский	17,6	22,0	815	242	0,30
33	Красноярский, Ирбейский	19,3	23,4	1306	478	0,37
34	Красноярский, Ермаковский	21,2	24,4	1231	588	0,48
36	Московская, Красно-Пахорский	21,7	22,1	1168	517	**0,**44
II Лиственница Сукачева ($P_м$=6 %)		**21,5±0,4**	**23,3±0,6**	**1301**	**575±35**	**0,45**
1	Коми, Удорский	21,1	22,4	1396	560	0,40
4	Архангельская, Вельский	21,3	24,7	1311	604	0,46
12	Кировская, Подосиновский	22,3	22,1	1353	626	0,46
13	Свердловская, Исовский	22,1	23,9	1211	561	0,46
14	Башкирская, Учалинский	18,3	21,1	1506	452	0,30
21	Пермский, Чердынский	20,0	21,5	1350	482	0,36
26	Удмуртия, Граховский	21,3	23,6	1406	599	0,43
29	Кировская, Кировский	22,9	24,2	1272	667	0,52
31	Смоленская, Дугинский	24,5	23,8	1033	684	0,66
32	Челябинская, Миасский	20,5	22,2	1343	516	0,38
38	Свердловская, Висимский	21,3	25,2	1026	440	0,43
39	Ивановская, Сокольский	23,7	25,6	1291	723	0,56
40	Карелия, Пудожский	20,6	22,7	1412	565	**0,**40
III Лиственница европейская ($P_м$=9 %)		**25,2±1,3**	**27,0±0,5**	**1135**	**854±76**	**0,76**
15	Ивано-Франковская, Галичский	28,7	27,8	1058	981	0,92
17	Ивано-Франковская, Долинский	23,3	27,8	939	630	0,67
18	Московская, Уваровский (Можайский)	20,5	24,7	1400	738	0,53
24	Московская, Раменский	26,1	26,6	1270	1047	0,82
37	Московская, Красно-Пахорский	27,6	27,9	1006	873	0,87
IV Лиственница даурская ($P_м$=28 %)		**19,7±1,4**	**19,9±0,9**	**481**	**174±48**	**0,39**
6	Читинская, Алексозаводский	20,5	18,8	706	276	0,39
28	Якутия, Ленский	16,6	19,2	495	115	0,23
35	Бурятия, Баунтовский	21,9	21,8	240	131	0,55
V Лиственница японская						
22	Сахалинская, Тамари	**24,2**	**24,8**	**1374**	**838**	**0,61**
VI Лиственница Чекановского						
5	Бурятия, Прибайкальский	**21,4**	**22,3**	**1142**	**490**	**0,43**

ставлены в пяти вариантах: чистые посадки лиственницы; смешанные посадки лиственницы в смешении через ряд с сосной обыкновенной; елью европейской; с липой мелколистной и кленом остролистным (частично с дубом). В связи с избыточным увлажнением участок был осушен в 1955–1956 гг. прокладкой осушительных канав протяженностью более 11 км [4].

Таблица 3

Результаты роста лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества, посадки 1958–1961 гг.

№ экотипа	Географический район происхождения семян	Вид лиственницы	A, лет	$D_{ср}$, см	$H_{ср}$, м	N, шт./га	M_A, м³/га	$V_{ст}$, м³
42	Приморский край Тернейский лесхоз	ольгинская	46	20,6	24,8	1059	444	0,42
43	Хабаровский край Комсомольский лесхоз	амурская	46	17,3	23,4	1255	364	0,29
44	Хабаровский край Тахтинский лесхоз	амурская	46	19,0	23,7	1206	420	0,35
46	Сахалинская область остров Итуруп	курильская	45	17,1	20,5	1259	406	0,32
47	Великобритания. Carron Estate Drum	европейская	45	19,2	22,8	1186	396	0,33
48	Великобритания Birkhill Estat	F: европ Ч японск.	45	24,2	24,5	1147	661	0,58
49	КНР уезд Чан-бэ	ольгинская	43	18,5	23,4	1311	423	0,32
50	КНР уезд Тулихэ	даурская	43	21,2	23,9	597	246	0,41
51	Польша мест. Скяржиско	польская	43	27,9	24,4	1058	852	0,80
52	Польша мест. Макса Виисс	польская	43	32,1	26,1	782	824	1,05

Таблица 4

Выпавшие экотипы лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

№ экотипа	Географический район происхождения семян	Вид лиственницы
11	Горно-Алтайская АО, Шабалинский лесхоз	Сибирская
23	Якутия, Вилюйский лесхоз	Даурская
25	Восточно-Казахстанская область, Катон-Карагайский лесхоз	Сибирская
45	Хабаровский край, Аяно-Майский лесхоз	Даурская

В посадках 1954–1955 гг. на площади 41,7 га (квартал 74) высажены 6 видов лиственницы из 41 географического пункта СССР. В дальнейшем (1958–1963 гг.) видовой состав лиственницы был расширен до 12 видов и 53 климатипов. Количество видов и экотипов, представленных в географических культурах Бронницкого лесничества, показано в табл. 1.

Таким образом, столь обширный географический спектр лиственницы в опытных культурах Бронницкого лесничества Московской области дает возможность наиболее полно охарактеризовать производительность лиственницы по зонам евроазиатского ареала, а также получить достоверную информацию о росте и продуктивности испытываемых экотипов.

В 2004–2005 гг. нами проведено полное обследование географических культур лиственницы [6]. На момент исследований географические посадки Бронницкого лесничества достигли 50-летнего возраста, что позволяет сделать объективные выводы о том, какие виды и экотипы в наилучшей степени отвечают местным лесорастительным условиям и имеют наилучшую продуктивность (табл. 2). В этом возрасте культуры по развитию находились в фазе приспевания, для этой фазы в целях оптимизации роста искусственного насаждения особо важное значение приобретает густота стояния [11]. Виды и

экотипы лиственницы, исследованные в географических культурах, показаны в табл. 2, а географический спектр испытанных экотипов показан на рис. 1.

В результате обработки полевого материала были получены таксационные характеристики экотипов в географических культурах, позволяющие оценить потенциальную продуктивность лиственницы в Московской области. Полученные результаты представлены в табл. 2 и 3, выпавшие из посадок экотипы показаны в табл. 4. Учитывая, что географические посадки 1958–1963 гг. отличаются по возрасту от опытов 1954–1955 гг., в итоговом анализе использовали только наиболее ценные с лесоводственной точки зрения и не представленные в первых опытах экотипы и виды лиственницы.

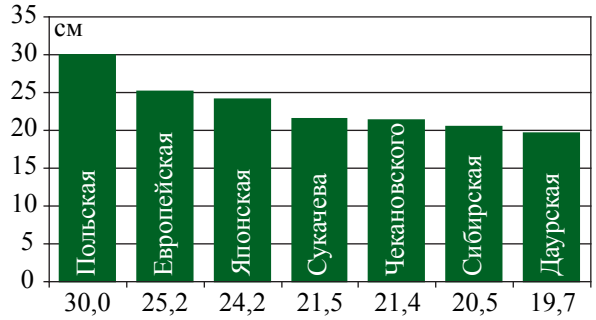


Рис. 2. Средние диаметры видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

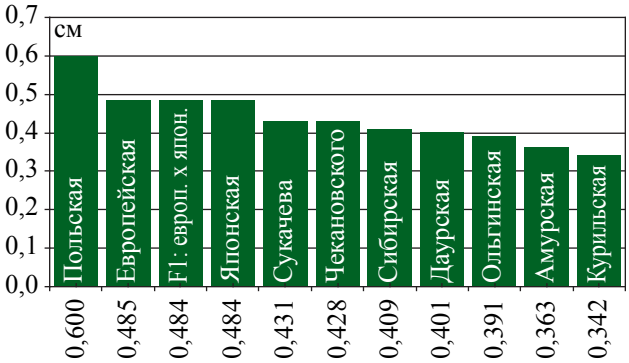


Рис. 3. Средние приросты по диаметру видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

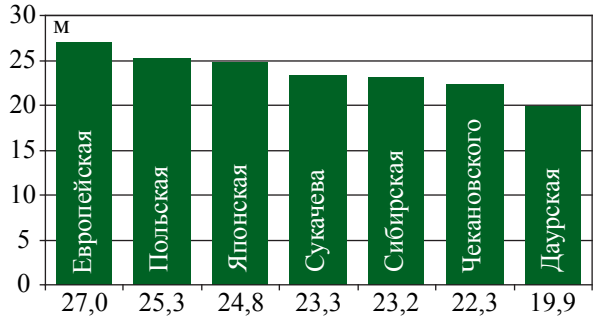


Рис. 4. Средние высоты видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

Как видно из табл. 4, в географических культурах уже в первые десятилетия после посадки погибли горные экотипы лиственницы сибирской и даурской [4].

Характеристика исследуемых видов по диаметру. Сравнивая исследуемые виды лиственницы по диаметру (рис. 2), видим, что лиственница польская имеет максимальные показатели, наименьшие диаметры имеет лиственница даурская.

Учитывая, что экотипы имеют разный возраст, для сравнения всех представленных экотипов целесообразен также анализ среднегодового прироста по диаметру, показанному на рис. 3.

Наилучшими показателями храктеризуется лиственница польская, представленная двумя экотипами из Скяжиско и Макса Виисс (Польша), в 43 года имеет диаметры, равные 27,9 см и 32,1 см соответственно.

У лиственницы европейской максимальный диаметр достигает 28,7 см у экотипа из Галичского района Ивано-Франковской области (Украина) и 27,6 см у экотипа из Красно-Пахорского района Московской области. Наименьший диаметр из посадок 1954–1955 гг. имеет экотип из Долинского района Ивано-Франковской области (Украина) – всего 23,3 см.

От вышеназванных видов незначительно отстает лиственница японская, которая представлена экотипом из острова Тамари Сахалинской области, значение среднего диаметра у этого дальневосточного экотипа составляет 24,2 см.

Лиственница Сукачева также обладает высокими таксационными показателями, максимальный диаметр достигает 23,7 см у экотипа из Ивановской области (в настоящее время Нижегородская область) Сокольского района, 22,9 см и 22,3 см у двух экотипов из Кировской области. Наименьшим показателем по диаметру характеризуется самый восточный представитель данного вида – экотип из Миасского района Челябинской области – 20,5 см. Остальные экотипы имеют промежуточные значения среднего диаметра от 21,1 до 22,1 см.

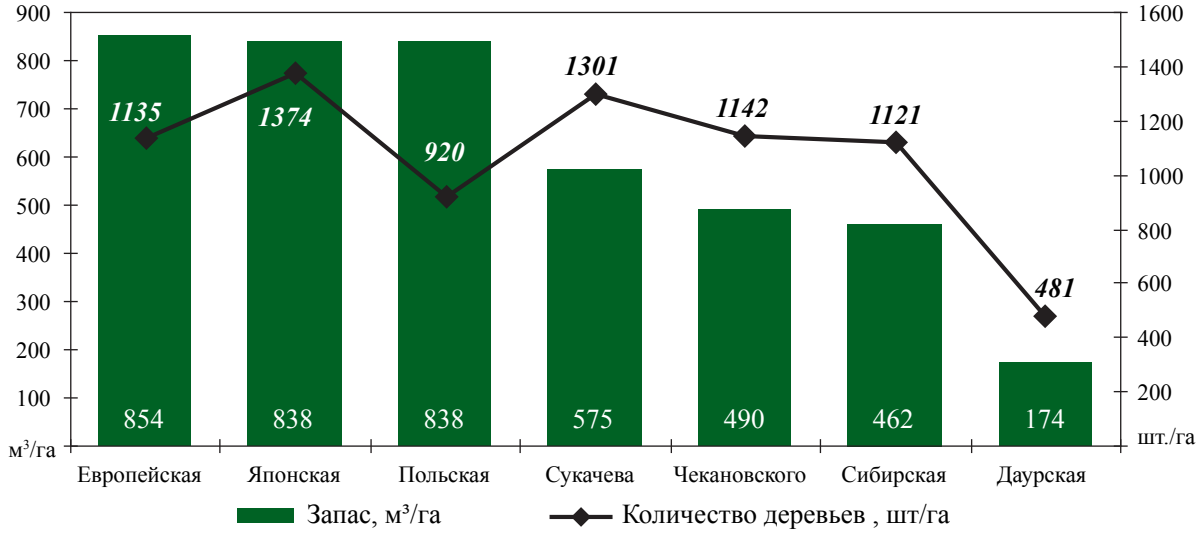


Рис. 5. Средние запасы и количество деревьев на 1 га различных видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

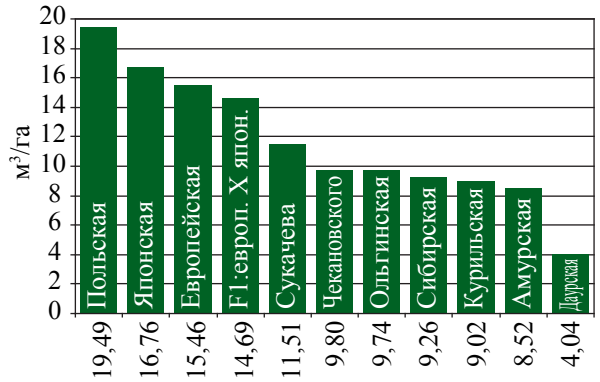


Рис. 6. Средний годовой прирост по запасу видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

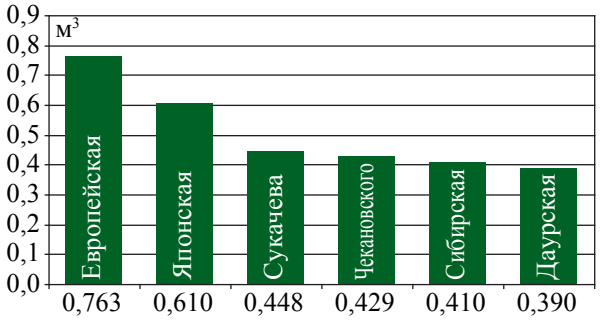


Рис. 7. Средний объем ствола различных видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

У лиственницы сибирской наименьшими показателями характеризуются экотипы из Красноярского края и Тывы, их диаметры имеют значения от 17,6 до 19,4 см. Самыми большими значениями по диаметру характеризуются экотипы из Тюменской области (22,3 см), Хакассии (21,4 см) и Новосибирской области (22,4 см). У остальных диаметр колеблется от 20,0 до 21,2 см.

Лиственница Чекановского, представленная одним образцом из Прибайкальского района Республики Бурятия, имеет диаметр, равный 21,4 см. Худшие результаты по диаметру показала лиственница даурская. Максимальный диаметр, которым характеризуется этот вид, достигает всего 21,9 см (Бурятия), минимальный – у экотипа из Ленского района Якутии – 16,6 см.

Характеристика исследуемых видов по высоте. По высоте наблюдается несколько другая тенденция (рис. 4). Преобладающее место занимает лиственница европейская с максимальной средней высотой 27,9 м (Московская область Краснопахорский район) и 27,8 м (Украина, Ивано-Франковская область Долинский район). Минимальная высота 26,6 м у экотипа из Раменского района Московской области. Несколько отстает от лидера лиственница польская с высотами от 24,4 до 26,1 м.

Экотипы лиственницы Сукачева из Ивановской и Свердловской областей имеют высоты 25,6 и 25,2 м соответственно и своей позиции по высоте за время опыта не меняют. Наименьшая высота у экотипа из Подосиновского района Кировской области – 22,1 м.

В промежуточном положении находятся экотипы из Республики Коми и Удмуртии, Архангельской, Свердловской, Смоленской и Челябинской областей с высотами от 22,2 до 24,7 м.

Наибольшей высотой у лиственницы сибирской характеризуются экотипы из Омской области – 26,6 м и Красноярского края – 25,3 и 24,4 м. Наименьшими по этому показателю являются тувинский и туруханский экотипы – 21,9 и 22,0 м соответственно. Остальные экотипы лиственницы сибирской, с колебаниями высот от 22,3 до 23,9 м, занимают промежуточное положение. Лиственница японская по росту в высоту занимает лидирующее положение после лиственницы европейской и польской, значение ее средней высоты достигает 24,8 м.

У лиственницы даурской самый большой показатель высоты достигает 21,8 м (экотип из Бурятии). Наименьшие высоты 18,8 и 19,2 м имеют экотипы из Читинской области и Якутии. Лиственница Чекановского несколько лучше растет в высоту, чем предыдущий вид, значение исследуемого показателя составляет 22,3 м.

Сравнительная характеристика исследуемых видов по запасу. Показатель продуктивности является важнейшим при решении вопроса об успешности интродукции того или иного вида. Средний запас древесины и количество деревьев на 1 га испытанных видов лиственницы показан на рис. 5, средний годичный прирост по запасу древесины на рис. 6.

Безусловным лидером по запасу является лиственница европейская, экотип из Раменского района Московской области формирует максимальный запас стволовой древесины 1047 м^3/га, несколько уступает по этому показателю экотип из Ивано-Франковской области Украины с запасом 981 м^3/га, у остальных экотипов запас колеблется от 630 до 873 м^3/га. Средний запас всех исследованных видов лиственницы европейской составляет 854 м^3/га (табл. 2).

Запасы лиственницы японской и польской равны и близки среднему запасу лиственницы европейской, они составляют довольно внушительную величину – 838 м^3/га. Столь высокий показатель свидетельствует о хорошей потенциальной продуктивности, что является прекрасным результатом для рекомендации этих видов как потенциально способных повысить продуктивность лесов Подмосковья.

Наибольший запас у лиственницы Сукачева имеет экотип из Ивановской области – 793 м^3/га, наименьший – из Свердловской области Висимского района (440 м^3/га), у остальных запас находится в пределах от 516 до 667 м^3/га. Средний запас всех исследованных видов лиственницы Сукачева составляет 575 м^3/га.

У лиственницы сибирской наибольший запас 588 м^3/га имеет экотип из Ермаковского лесхоза Красноярского края. Наименьшие показатели по запасу у экотипа из Тывы – 246 м^3/га и Туруханского района Красноярского края – 242 м^3/га.

Средний запас всех исследованных видов лиственницы сибирской составляет 450 м^3/га, что немного превосходит показатели местных хвойных лесообразующих пород сосны и ели в 50-летнем возрасте. Лиственница Чекановского лишь незначительно превосходит лиственницу сибирскую по среднему запасу – 480 м^3/га.

Как и по другим вышеприведенным показателям, по продуктивности стволовой древесины лиственница даурская характеризуется худшими результатами. Максимальный запас у экотипа из Алексозаводского района Читинской области достигает величины 276 м^3/га, у экотипов из Якутии и Бурятии эти показатели значительно ниже 115 и 131 м^3/га соответственно. Средний запас всех исследованных видов лиственницы даурской составляет 174 м^3/га, что говорит о нецелесообразности выращивания данного вида в Подмосковье. Лиственница амурская имеет меньший диаметр, но значительно превосходит лиственницу даурскую по продуктивности, числу деревьев на 1 га и высоте.

Характеристика исследуемых видов по объему ствола. Средние объемы стволов экотипов лиственницы на объекте географических культур варьируют от 0,23 до 1,05 м^3

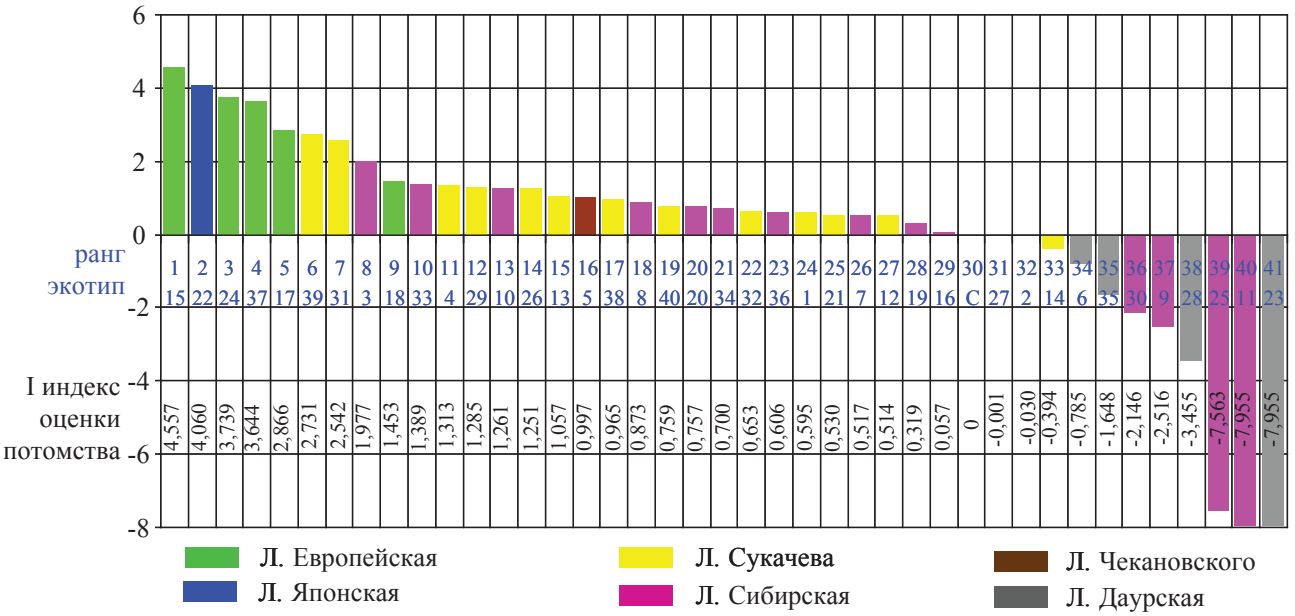


Рис. 8. Сравнительная продуктивность экотипов лиственницы Бронницкого лесничества относительно сосны обыкновенной местного происхождения

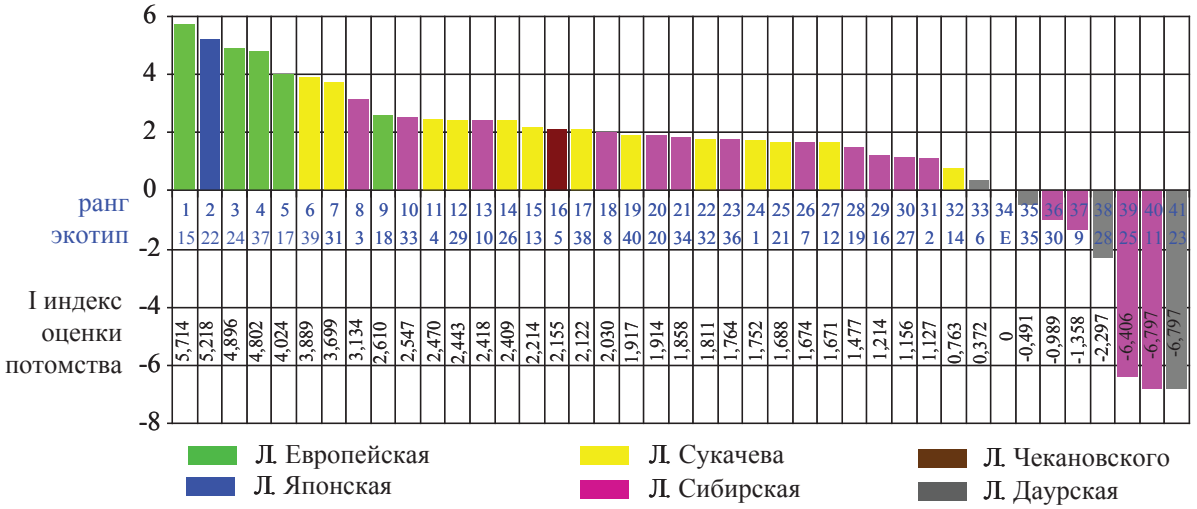


Рис. 9. Сравнительная продуктивность экотипов лиственницы Бронницкого лесничества относительно ели европейской местного происхождения

(табл. 2) и показаны на рис. 7. Наибольшие объемы у лиственницы европейской, японской и польской, средний объем ствола имеет показатели от 0,61 до 1,05 м^3. Минимальный объем ствола от 0,23 до 0,39 м^3 характерен для части экотипов лиственницы сибирской, миасского экотипа лиственницы Сукачева, лиственницы Чекановского, а также якутского и читинского экотипов лиственницы даурской. Остальные экотипы по этому показателю занимают промежуточное положение, формируя стволы со средним объемом от 0,40 до 0,56 м^3.

Для географических культур лиственницы Бронницкого лесничества по модифицированной методике [8] рассчитывался суммарный показатель целесообразности интродукции или внедрения конкретных экотипов, а также рассчитаны индексы оценки потомств [12] относительно местных пород сосны и ели в 19, 23 и 50 лет по средней высоте, среднему диаметру и запасу древесины на одном гектаре (табл. 5 и 6).

Как видно из табл. 5 и 6, ранги экотипов несущественно меняются в процессе онтогенеза. Лиственница европейская занимает

Таблица 5

Оценка роста экотипов лиственницы относительно местных сомкнутых насаждений сосны обыкновенной Iа класса бонитета в возрасте 19, 23 и 50 лет

№ эк.	Географический район происхождения семян	Порода, вид	G			I	R			R
			19	23	50	Общий	19	23	50	Общий
15	Ив.-Франковская обл. Галичский р-он	Л европ-кая	1,521	1,803	1,234	4,557	2	1	1	1
22	Сахалинская обл. остров Тамари	Л японская.	1,979	1,447	0,635	4,060	1	2	4	2
24	Московская обл. Раменский р-он	Л европ-кая	1,254	1,363	1,121	3,739	5	3	2	3
37	Московская обл. Красно-Пахорский р-он	Л европ-кая	1,254	1,363	1,026	3,644	6	4	3	4
17	Ив.-Франковская обл. Долинский р-он	Л европ-кая	1,284	1,133	0,449	2,866	4	6	6	5
39	Ивановская обл. Сокольский р-он	Л Сукачева	1,029	1,214	0,488	2,731	7	5	5	6
31	Смоленская обл. Дугинский р-он	Л Сукачева	1,364	0,792	0,385	2,542	3	8	7	7
3	Омская обл. Тарский р-он.	Л сибирская	0,804	0,953	0,220	1,977	9	7	9	8
18	Московская обл. Уваровс-кий р-он (Можайский)	Л европ-кая	0,542	0,719	0,192	1,453	13	10	10	9
33	Красноярский край Ирбенский р-он	Л сибирская	0,921	0,673	–0,205	1,389	8	11	29	10
4	Архангельская обл. Вельский р-он	Л Сукачева	0,442	0,724	0,147	1,313	16	9	11	11
29	Кировская обл. Кировский р-он	Л Сукачева	0,503	0,487	0,295	1,285	14	19	8	12
10	Иркутская обл. Братский р-он	Л сибирская	0,697	0,591	–0,026	1,261	11	14	19	13
26	Удмуртия Граховской р-он	Л Сукачева	0,575	0,593	0,083	1,251	12	13	15	14
13	Свердловская обл. Исовский р-он	Л Сукачева	0,430	0,535	0,092	1,057	17	15	14	15
5	Бурятия Прибайкальский р-он	Л Чекан-го	0,758	0,367	–0,128	0,997	10	25	26	16
38	Свердловская обл. Висимский р-он	Л Сукачева	0,353	0,669	–0,057	0,965	20	12	22	17
8	Московская обл. Бронницкий р-он норм.	Л сибирская	0,447	0,449	–0,024	0,873	15	22	18	18
40	Карелия Пудожский р-он	Л Сукачева	0,353	0,454	–0,049	0,759	21	21	21	19
20	Хакасия Сонский р-он	Л сибирская	0,361	0,485	–0,089	0,757	19	20	25	20
34	Красноярский край Ермаковский р-он	Л сибирская	0,367	0,230	0,103	0,700	18	29	12	21
32	Челябинская обл. Миасский р-он	Л Сукачева	0,280	0,521	–0,148	0,653	22	16	27	22
36	Московская обл. Красно-Пахорский р-он	Л сибирская	0,278	0,415	–0,086	0,606	24	24	24	23
1	Коми Удорский р-он	Л Сукачева	0,127	0,511	–0,043	0,595	26	17	20	24
21	Пермский край Чердынский р-он	Л Сукачева	0,279	0,509	–0,258	0,530	23	18	31	25

Окончание таблицы 5

№ эк.	Географический район происхождения семян	Порода, вид	G			I	R			R
			19	23	50	Общий	19	23	50	Общий
7	Московская обл. Бронницкий р-он улуч.	Л сибирская	0,227	0,439	–0,149	0,517	25	23	28	26
12	Кировская обл. Подосиновский р-он	Л Сукачева	0,110	0,306	0,098	0,514	27	26	13	27
19	Тюменская обл. Ханты-Мансийск. р-он	Л сибирская	0,053	0,267	–0,001	0,319	31	27	17	28
16	Красноярский край Енисейский р-он	Л сибирская	0,065	0,199	–0,207	0,057	30	30	30	29
мп	**Московская обл.**	**Сосна обыкнов.**	**0**	**0**	**0**	**0**	**32**	**33**	**16**	**30**
27	Новосибирская обл. Тогучинский р-он	Л сибирская	–0,032	0,110	–0,079	–0,001	33	31	23	31
2	Бурятия Крихтынский р-он	Л сибирская	0,071	0,267	–0,368	–0,030	29	28	32	32
14	Башкортостан Учалинский р-он	Л Сукачева	–0,083	0,104	–0,416	–0,394	34	32	33	33
6	Читинская обл. Алексозаводский р-он	Л даурская	0,078	–0,208	–0,655	–0,785	28	34	36	34
35	Бурятия Баунтовский р-он	Л даурская	–0,342	–0,677	–0,629	–1,648	35	36	34	35
30	Красноярский край Туруханский р-он.	Л сибирская	–0,822	–0,626	–0,698	–2,146	36	35	37	36
9	Тыва Кызылский р-он	Л сибирская	–0,954	–0,928	–0,634	–2,516	37	37	35	37
28	Якутия Ленский р-он.	Л даурская	–1,083	–1,300	–1,072	–3,455	38	38	38	38
25	Вост.-Казахстанск. обл. Катон-Карагский р-он	Л сибирская	–2,038	–2,412	–3,114	–7,563	39	39	39	39
11	Горно-Алтайская АО Шабалинский р-он	Л сибирская	–2,429	–2,412	–3,114	–7,955	40	40	40	40
23	Якутия Вилюйский р-он	Л Даурская	–2,429	–2,412	–3,114	–7,955	41	41	41	41

лидирующие позиции за все время опыта, с возрастом ее преимущество по продуктивности возрастает.

На рис. 8 и 9 представлено графическое изображение сравнительной продуктивности испытанных в Бронницком лесничестве экотипов лиственницы с местными породами (Московская область), на графиках видны явные преимущества провениенций лиственницы европейской. Лиственница японская, показывая исключительно быстрый рост в первые десятилетия, к 50-ти годам уступает позиции лиственнице европейской. Практически все экотипы, являющиеся потомками материнских насаждений, интродуцированных в Подмосковье, в процессе онтогенеза укрепляют позиции, занимая среди экотипов своего вида лидирующие положения, что говорит о хорошей способности лиственницы к адаптации в новых условиям произрастания. Подавляющее большинство экотипов лиственницы Сукачева также значительно превосходят по продуктивности местные породы. Экотипы лиственницы сибирской имеют различную продуктивность, в среднем близкую к продуктивности местной сосны и ели Iа класса бонитета, и преимуществ перед ними не имеет. Не выпавшие в возрасте молодняка экотипы лиственницы даурской находятся в ослабленном состоянии, по всем показателям они уступают другим видам лиственницы и местным породам.

Результаты интродукции в Московскую область лиственницы американской.

Таблица 6

Оценка роста экотипов лиственницы относительно местных сомкнутых насаждений ели европейской Iа класса бонитета в возрасте 19, 23 и 50 лет

№ эк.	Регион и район происхождения	Порода, вид	G			I	R			R
			19	23	50	Общий	19	23	50	Общий
15	Ив.-Франковская обл. Галичский р-он	Л европ-кая	1,831	2,276	1,607	5,714	2	1	1	1
22	Сахалинская обл. остров Тамари	Л японская.	2,290	1,920	1,008	5,218	1	2	4	2
24	Московская обл. Раменский р-он	Л европ-кая	1,565	1,837	1,494	4,896	5	3	2	3
37	Московская обл. Красно-Пахорский р-он	Л европ-кая	1,565	1,837	1,399	4,802	6	4	3	4
17	Ив.-Франковская обл. Долинский р-он	Л европ-кая	1,594	1,607	0,822	4,024	4	6	6	5
39	Ивановская обл. Сокольский р-он	Л Сукачева	1,340	1,688	0,861	3,889	7	5	5	6
31	Смоленская обл. Дугинский р-он	Л Сукачева	1,675	1,266	0,758	3,699	3	8	7	7
3	Омская обл. Тарский р-он.	Л сибирская	1,114	1,427	0,593	3,134	9	7	9	8
18	Московская обл. Уваров-ский р-он (Можайский)	Л европ-кая	0,853	1,193	0,565	2,610	13	10	10	9
33	Красноярский край Ирбенский р-он	Л сибирская	1,232	1,147	0,168	2,547	8	11	28	10
4	Архангельская обл. Вельский р-он.	Л Сукачева	0,753	1,198	0,520	2,470	16	9	11	11
29	Кировская обл. Кировский р-он	Л Сукачева	0,814	0,961	0,668	2,443	14	19	8	12
10	Иркутская обл. Братский р-он	Л сибирская	1,007	1,065	0,347	2,418	11	14	18	13
26	Удмуртия Граховской р-он	Л Сукачева	0,886	1,067	0,456	2,409	12	13	15	14
13	Свердловская обл. Исовский р-он	Л Сукачева	0,741	1,008	0,465	2,214	17	15	14	15
5	Бурятия Прибайкальский р-он	Л Чекан-го	1,068	0,841	0,245	2,155	10	25	25	16
38	Свердловская обл. Висимский р-он	Л Сукачева	0,664	1,143	0,316	2,122	20	12	21	17
8	Московская обл. Бронницкий р-он норм.	Л сибирская	0,758	0,923	0,349	2,030	15	22	17	18
40	Карелия Пудожский р-он	Л Сукачева	0,664	0,928	0,324	1,917	21	21	20	19
20	Хакасия Сонский р-он	Л сибирская	0,671	0,959	0,284	1,914	19	20	24	20
34	Красноярский край Ермаковский р-он	Л сибирская	0,678	0,704	0,476	1,858	18	29	12	21
32	Челябинская обл. Миасский р-он	Л Сукачева	0,591	0,995	0,225	1,811	22	16	26	22
36	Московская обл. Красно-Пахорский р-он	Л сибирская	0,588	0,889	0,287	1,764	24	24	23	23
1	Коми Удорский р-он	Л Сукачева	0,437	0,985	0,330	1,752	26	17	19	24
21	Пермский край Чердынский р-он	Л Сукачева	0,590	0,983	0,115	1,688	23	18	30	25

Окончание таблицы 6

№ эк.	Регион и район происхождения	Порода, вид	G			I	R			R
			19	23	50	Общий	19	23	50	Общий
7	Московская обл. Бронницкий р-он улуч.	Л сибирская	0,538	0,913	0,224	1,674	25	23	27	26
12	Кировская обл. Подосиновский р-он	Л Сукачева	0,420	0,780	0,471	1,671	27	26	13	27
19	Тюменская обл. Ханты-Мансийск. р-он	Л сибирская	0,364	0,741	0,372	1,477	31	27	16	28
16	Красноярский край Енисейский р-он	Л сибирская	0,376	0,673	0,166	1,214	30	30	29	29
27	Новосибирская обл. Тогучинский р-он	Л сибирская	0,279	0,583	0,294	1,156	32	31	22	30
2	Бурятия Крихтынский р-он	Л сибирская	0,381	0,741	0,005	1,127	29	28	31	31
14	Башкортостан, Учалинский р-он	Л Сукачева	0,228	0,578	–0,043	0,763	33	32	33	32
6	Читинская обл. Алексозаводский р-он	Л даурская	0,389	0,266	–0,282	0,372	28	33	36	33
мп	**Московская область**	**Ель европ.**	**0**	**0**	**0**	**0**	**34**	**34**	**32**	**34**
35	Бурятия, Баунтовский р-он	Л даурская	–0,031	–0,204	–0,256	–0,491	35	36	34	35
30	Красноярский край Туруханский р-он.	Л сибирская	–0,512	–0,153	–0,325	–0,989	36	35	37	36
9	Тыва Кызылский р-он	Л сибирская	–0,644	–0,454	–0,261	–1,358	37	37	35	37
28	Якутия, Ленский р-он.	Л даурская	–0,773	–0,826	–0,699	–2,297	38	38	38	38
25	Вост.-Казахстанск. обл. Катон-Карагайский р-он	Л сибирская	–1,727	–1,938	–2,741	–6,406	39	39	39	39
11	Горно-Алтайская АО Шабалинский р-он	Л сибирская	–2,119	–1,938	–2,741	–6,797	40	40	40	40
23	Якутия, Вилюйский р-он	Л даурская	–2,119	–1,938	–2,741	–6,797	41	41	41	41

Единственным представителем и экотипом североамериканских видов лиственницы в Московской области является лиственница американская. Родиной лиственницы американской *Larix laricina* (Du Roi) K. Koch является Северная Америка. В естественных условиях этот вид имеет самый большой ареал среди хвойных Северной Америки. Он простирается широкой трансконтинентальной полосой от о. Ньюфаундленд и п-ва Лабрадор на востоке до Центральной Аляски на западе, в пределах 39–68,5° с.ш. (с разрывом в горах Маккензи и на плато Юкон) [5].

Растет лиственница американская на избыточно-увлажненных и заболоченных пространствах, образуя чистые древостои или чаще в смеси с туей, бальзамической пихтой, тсугой, бумажной березой и др. В США лиственница американская (местное название тамарак) распространена в елово-пихтовых лесах востока, где растет в условиях сырых низин, на торфянистых или болотных почвах, с преобладанием ели черной (*Picea mariana* Britt., black spruce), пихты бальзамической и северного белого кедра (*Chamaecyparis tryoides* B.S.P., northern white cedar) [2].

В России лиственница американская как интродуцент известна в ландшафтном парке села Дугино Сычевского района Смоленской области, в имении Панина-Мещерского; она растет в виде крупного плодоносящего дерева, достигающего в 45 лет 18 м высоты и 35 см в диаметре. Отмечена она и в некоторых других пунктах Смоленской области. Наиболее крупным экземпляром в СССР считалась лиственница американская,

произрастающая в Москве, в дендрологическом саду Московской сельскохозяйственной академии, в возрасте 60 лет она достигала 24,5 м высоты и 45 см в диаметре [10].

В благоприятных условиях лиственница американская достигает 20–25 м высоты. Считается, что к климатическим невзгодам лиственница американская более приспособлена, чем, например, лиственница европейская. Возможно поэтому отделом мониторинга г. Москвы лиственницы европейская и Сукачева, дающие прекрасные показатели роста в городских условиях, не включены в список видов, рекомендуемых для использования при проведении работ по озеленению. В данный ассортимент попали лишь лиственница американская (*L. laricina*) и лиственница даурская или Гмелина (*L. gmelinii*). Однако объективные данные, подтверждающие такие выводы, до настоящего времени отсутствуют.

На данный момент в России лиственница американская представлена лишь в географических культурах Бронницкого лесничества Виноградовского опытного лесхоза Московской области. Семена были получены в 1955 г. В.П. Тимофеевым, заведующим Лесной опытной дачей Московской сельскохозяйственной академии (МСХА). 6 мая 1963 г. посадочный материал лиственницы американской был привезен с питомника Лесной опытной дачи МСХА в количестве 227 шт. молодых деревьев в возрасте 8 лет, высотой от 1,4 до 2,5 м, в среднем 1,7 м и посажен в квартале 74.

Почва подготовлена путем сплошной вспашки весной 1957 г., и с этого времени перепашка ежегодно повторялась. До посадки лиственницы участки ничем не занимали. Подготовку почвы можно считать очень хорошей, отрицательной стороной этого участка является его избыточная переувлажненность. Чтобы в какой-то степени уменьшить вредное влияние избыточного увлажнения, ямки для деревьев не выкапывались, а пересаживаемые деревья ставились прямо на землю и корни их сверху закидывались землей. Около каждого дерева образовывался холмик диаметром около 1 м. Первоначальная густота посадки лиственницы составила 378 шт./га. Ввиду небольшого количества полученного посадочного материала между рядами лиственницы посажены ряды 3-летних сеянцев липы мелколиственной с Любнинского питомника. Посадка липы производилась также и в лиственничных рядах в количестве по 4–5 шт. в каждый разрыв, всего на участке высажено 4,3 тыс. шт. липы [4]. Общая площадь посадок составила 0,6 га. В период с 1963 по 1978 гг. на объекте регулярно выполнялись биометрические замеры.

На момент, когда биологический возраст лиственницы американской достиг 50 лет, был проведен очередной перечет. Проводя перечет, измерили 111 деревьев лиственницы американской и 702 дерева липы мелколистной. Согласно полученным таксационным данным насаждение имело следующую характеристику: средний диаметр лиственницы равен 24,1 см; средняя высота 22,1 м; липа имела средний диаметр 14,1 и среднюю высоту 17,7 м; запас лиственницы – 119 м^3/га; запас липы – 222 м^3/га; общий запас стволовой древесины составил – 341 м^3/га, состав насаждения 6Лп4Л. Количество деревьев на 1 га – 1724 шт., из них 1489 шт. приходится на долю липы и 235 шт. – лиственницы американской. Липа растет по I классу бонитета, а лиственница по Iа классу бонитета.

Сравнивая таксационные характеристики различных видов лиственницы, произрастающих на объекте географических культур Бронницкого лесничества (табл. 7), необходимо отметить, что по среднему диаметру лиственница американская уступает лишь лиственнице европейской и японской, а по росту в высоту опережает только лиственницу даурскую. Лиственница американская формирует относительно сбежистые стволы, причиной чего является малая густота посадки главной породы, средний объем ствола $V_{ср}$ равен 0,506 м^3. По этому показателю ее опережают только лиственница европейская $V_{ср}$ – 0,763 м^3 и японская $V_{ср}$ – 0,610 м^3.

В целом необходимо отметить, что в Подмосковье лиственница американская имеет неплохие результаты роста, однако широкое применение ее в озеленении городов может быть ограничено из-за биоэкологических осо-

Таблица 7

Сравнительный рост и продуктивность различных видов лиственницы в географических культурах Бронницкого лесничества

Вид лиственницы	$H_{ср}$, м	$D_{ср}$, см	N, шт./га	M_A, м³/га	$V_{ср}$, м³
Лиственница европейская (ср.)	27,0	25,2	1135	854	0,763
Лиственница Сукачева (ср.)	23,3	21,5	1301	575	0,448
Лиственница сибирская (ср.)	23,2	20,5	1121	463	0,410
Лиственница Чекановского	22,3	21,4	1142	490	0,429
Лиственница даурская (ср.)	19,9	19,7	481	174	0,390
Лиственница японская	24,8	24,2	1374	838	0,610
Лиственница американская	22,1	24,1	235	119	0,506

бенностей этой породы, что связано, в первую очередь, с потребностью в произрастании на влажных и переувлажненных почвах.

Выводы

1. Полувековой опыт выращивания лиственницы в Бронницком лесничестве показал, что лучшим ростом и продуктивностью характеризуется лиственницы европейская, польская, японская и Сукачева. Эти виды занимают лидирующие позиции почти по всем таксационным показателям, причем лучшие провениенции получены из Польши, Ивано-Франковской области Украины, Сахалинской, Архангельской, Кировской, Ивановской областей России.

2. Для выращивания лесных культур лиственницы в Московской области возможен поиск высокопродуктивных популяций лиственницы сибирской, но в большинстве случаев ее средние таксационные характеристики не превосходят показатели местных хвойных пород и при совместном произрастании без своевременного ухода заглушаются последними.

3. Лесные культуры лиственницы даурской в Подмосковье нецелесообразны. Имея высокий отпад, они не формируют сомкнутых насаждений и имеют низкие таксационные показатели. Нецелесообразно рекомендовать также лиственницу ольгинскую, несмотря на хороший рост в молодом возрасте. Она оказалась неустойчивой к засухе.

4. С целью повышения продуктивности лесов Подмосковья при проектировании лесных культур предпочтение следует отдавать экотипам лиственницы европейской, польской, японской, а при отсутствии посадочного материала этих видов целесообразно создавать насаждения лиственницы Сукачева из семян близлежащих областей.

5. Не рекомендуется проектирование промышленных лесных культур лиственницы сибирской и даурской, использование этих видов возможно лишь в декоративном озеленении.

6. Наиболее перспективными для целей выращивания крупномерной древесины являются польская, европейская и японская лиственницы, формирующие к 50-летнему возрасту максимальную величину среднего объема одного ствола, достигающую от в отдельных случаях 1 м³. Для получения высококачественной древесины и обеспечения высоких темпов прироста лиственницы необходимо формировать к III классу возраста насаждения с густотой 900–1000 деревьев на гектаре.

7. При использовании «Лесосеменного районирования основных лесообразующих пород» (1982), основанного на использовании семян близлежащих к Московской области регионов как с естественного, так и искусственного ареалов произрастания лиственницы, следует обязательно учитывать видовую принадлежность и происхождение интродуцированных провениенций. По результатам исследований, большинство экотипов лиственницы из семян происхождением из лесосеменных районов 18а, 18б, 20а, 20б, 22а и рекомендованных «Лесосеменным районированием…» показали сравнительно низкую продуктивность, что указывает на необходимость внесения изменений в действующий документ.

Библиографический список

1. Бородин, А.М. Значение лесных культур в повышении производительности лесов / А.М. Бородин // Лесное хозяйство. – 1965. № 12. – С. 24–28.
2. География лесных ресурсов земного шара – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 668 с.
3. Дементьев, П.И. Географические посадки лиственницы в Бронницком лесничестве / П.И. Дементьев // Лесное хозяйство. – 1957. № 2. – С. 53–60.
4. Дементьев, П.И. Записки лесничего / П.И. Дементьев. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 102 с.
5. Ирошников, А.И. Лиственницы России. Биоразнообразие и селекция / А.И. Ирошников. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 182 с.
6. Карасев, Н.Н. Повышение продуктивности лесов Подмосковья путем интродукции лиственницы: дисс. ... канд с.-х. наук: 06.03.01 / Карасев Николай Николаевич – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 154 с.
7. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – М.: Наука, 1973. – 204 с.
8. Мерзленко, М.Д. Итог тридцати вегетаций в географических культурах ели Сергиево-Посадского опытного лесхоза / М.Д. Мерзленко, П.Г. Мельник // Научные труды МГУЛ. – М.: МГУЛ, 1995. – Вып. 274. – С. 64–77.
9. Надеждин, В.В. Влияние географического происхождения семян лиственницы на ее рост / В.В. Надеждин. – М.: Наука, 1971. – 131 с.
10. Озеленение населенных мест / под общей редакцией А.И. Барбарича, А.Я. Хорхота. – Киев: Изд-во Академии архитектуры УССР, 1952. – 744 с.
11. Писаренко, А.И. Создание искусственных лесов / А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 270 с.
12. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / В.М. Роне. – М.: Наука, 1980.
13. Тимофеев, В.П. Влияние географического происхождения семян на рост лиственницы / В.П. Тимофеев // Лесоведение. – 1969. – № 3. – С. 17–29.
14. Тимофеев, В.П. Лиственница в повышении продуктивности и улучшении качественного состава лесов европейской части СССР / В.П. Тимофеев // Научные труды ЛитНИИЛХ. Т. XV. – Каунас, 1973. – С. 27–52.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
Н.Ю. НАСЫПАЙКО, *асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ*

melnik_petr@bk.ru; nny_kom@mail.ru

Естественное возобновление леса – процесс образования нового поколения леса естественным путем. Возобновительные процессы способствуют биологическому равновесию в лесу, обеспечивают постоянство его существования, а следовательно, и пользования им. Для лесоводов первостепенное значение имеет экология возобновления леса, особенно важно изучение этого процесса для пород интродуцентов, одной из которых в Центральной России является лиственница. Вопрос естественного возобновления лиственницы достаточно хорошо изучен для лесов Европейского Севера [1–3], где лиственница произрастает в естественном ареале; для района интродукции особенности этого процесса были изучены впервые.

В Центральной России лиственница является ценным интродуцентом, формируя насаждения с запасом древесины свыше 1000 м^3/га, что в 2 раза превышает продуктивность местных основных лесообразующих пород. Первые посадки были выполнены К.Ф. Тюрмером в Порецком лесничестве Московской области в 1856 г. из семян лиственницы европейской судетского происхождения (*Larix decidua* Mill. *Sudetica*). В последнее время в Московской области площади, занимаемые лиственницей, значительно сокращаются по причине снижения ее доли в искусственном лесовосстановлении. Однако имеются спелые насаждения и куртины с примыкающими к ним участками, на которых лесоводственными приемами можно сформировать естественные молодняки этой породы, поэтому основной целью работы является изучение и оценка успешности естественного возобновления лиственницы в Центральной России, в ареале интродукции.

На территории Щелковского учебно-опытного лесхоза Московского государс-

А **4Л3С3Е ед.Б**	**В** **4Е3Л3С+Б ед.Ос**	**Д** **4Е4С2Л+Ос ед.Б**	**Ё** **4Е3С2Л1Ос+Б**	**З** **5Е4С1Л+Ос,Б**
Б **4Л3С2Е1Ос ед.Б**	**Г** **3Л3С3Е1Ос+Б**	**Е** **4Е4Л2С+Б,Ос**	**Ж** **3Е3С2Л1Б1Ос**	**И** **3С3Е2Б1Ос1Л**

Рис. 1. Деление пробной площади МН-1 на секции (размер секций 10×10 м, состав молодняка указан для учетов 2007 г.)

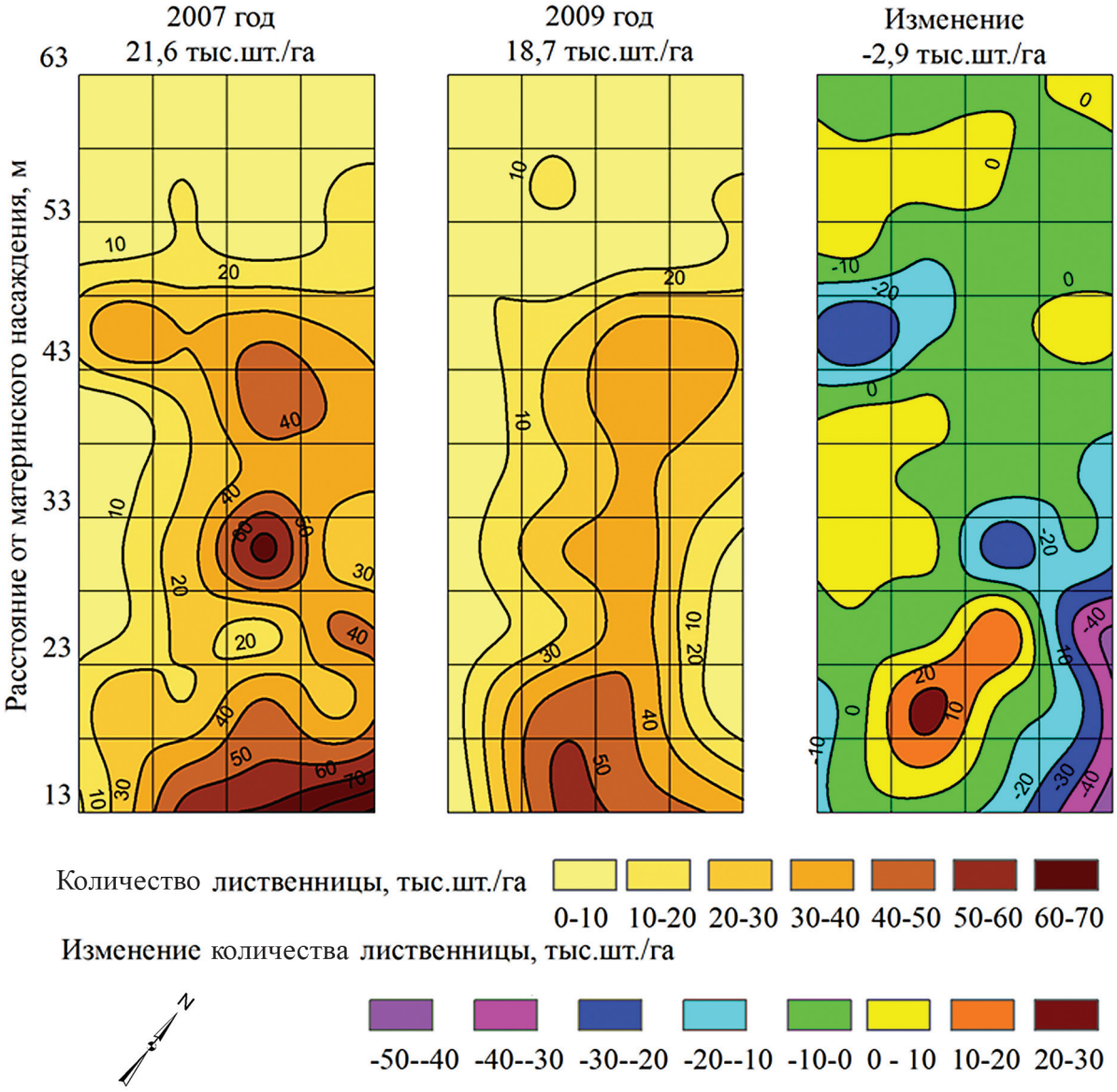


Рис. 2. Динамика естественного возобновления лиственницы на пробной площади МН-1

твенного университета леса (МГУЛ) культуры лиственницы европейской впервые были заложены в знаменитой Никольской лесной даче в 1870 г. В основном закладывались смешанные лиственнично-сосново-еловые культуры как методом посадки, так и посева, причем, следует отметить, что нигде больше в средней полосе России нет посевных лесных культур этой ценной хвойной породы [5]. В Никольской лесной даче спелые насаждения лиственницы представлены двумя участками общей площадью 8,2 га, созданными в начале 70-х годов XIX в. К ним примыкают вырубки 2001–2008 гг. общей площадью 15,8 га.

Основным объектом исследования естественного возобновления лиственницы, яв-

лялась постоянная пробная площадь (ППП) МН-1, заложенная в мае 2007 г. на вырубке 2002 г. в квартале 39 Воря-Богородского лесничества Щелковского учебно-опытного лесхоза МГУЛ, на территории бывшей Никольской лесной дачи. Лесорастительные условия представлены простыми суборями (B_2). Источником семян лиственницы является относительно узкая полоса лиственничного насаждения, вытянутого вдоль дороги и созданного в 1871 г. В возрасте 129 лет насаждение характеризовалось I классом бонитета, составом I яруса 9Л1С+Е; второго яруса – 10Е. Запас стволовой древесины I яруса – 1077 м^3/га, второго – 39 м^3/га. Общий запас стволовой древесины – 1116 м^3/га.

Для учета естественного возобновления лиственницы применялся сплошной способ учета. Пробная площадь располагалась на расстоянии 13 м в северо-западном направлении от материнского насаждения. Площадь размером 20×50 м была разбита на 10 секций (рис. 1), ближе всего к лиственнице расположены секции **А** и **Б**, в каждой секции проводился сплошной перечет всходов и самосева. Необходимо отметить, что в Никольской лесной даче при средней скорости 4,2 м/сек преобладают ветры юго-западного и западного направлений, весной и летом – южного и юго-восточного, что вполне благоприятно для распространения семян лиственницы на вырубке. Первые учеты, результаты которых ранее опубликованы [4], были выполнены весной 2007 г., повторные проведены осенью 2009 г.

На пробной площади, в незначительном количестве были учтены ива, рябина, бузина красная и малина. Напочвенный покров был представлен следующими видами: мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), земляника лесная (*Fragaria vesca*), ситник развесистый (*Juncus effuses*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), ожика волосистая (*Luzula multiflora*), селезеночник очереднолистный (*Chrysosplenium alternifolium*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), щавель конский (*Rumex confertus*), редко рогоз широколистный (*Tupha latifolia*), среди мхов преобладает кукушкин лен (*Politrichum commune*).

По результатам первых учетов естественное возобновление лиственницы наиболее успешно проходит на секциях **А** и **Б**, расположенных ближе всего к материнскому насаждению (рис. 1, 2). Здесь лиственница является господствующей породой с долей участия 36,1 % в составе, количество самосева составляет в среднем 35,9 тыс. шт./га. Обратная картина наблюдается на дальних секциях **З** и **И**, которые расположены на расстоянии 53–63 м от источника семян. Участие лиственницы здесь составляет всего 10,8 %, а количество самосева снижается в среднем до 3,7 тыс. шт./га. Среднее количество самосева лиственницы составляет 21550 шт./га, при минимальном значении 2700 шт./га и максимальном – 44100 шт./га. Следует также отметить, что после зимы от снежного шютте сильно пострадала сосна, максимальное количество погибшего самосева на секции **Е** достигает 27 тыс. шт./га. В целом состав молодняка на заложенной ППП – 3Е3С3Л1Ос+Б, при количественной характеристике – 79 885 шт./га.

Повторными исследованиями осенью 2009 г. установлено, что максимальная густота лиственницы на 10 тыс. шт./га превышает максимальную густоту сосны и ели и составляет 62 тыс. шт./га. Средняя густоты лиственницы в 2007 г. составила 21,6 тыс. шт./га., в 2009 г. – 18,7 тыс. шт./га, динамика естественного возобновления лиственницы на пробной площади МН-1 за 2007–2009 гг. приведена на рис. 2. Наибольший отпад лиственницы наблюдается на участках с наибольшей ее густотой, увеличение количества молодняка лиственницы на части секций говорит о непрерывном, ежегодном процессе заселения ППП этой породой.

Доля участия лиственницы в составе молодняка на всей ППП была 3 единицы в 2007 г. и 2 единицы в 2009 г. Лиственница удерживает свои позиции, однако в составе молодняка наблюдается тенденция к увеличению доли мягколиственных пород, в основном березы. Наблюдается значительное

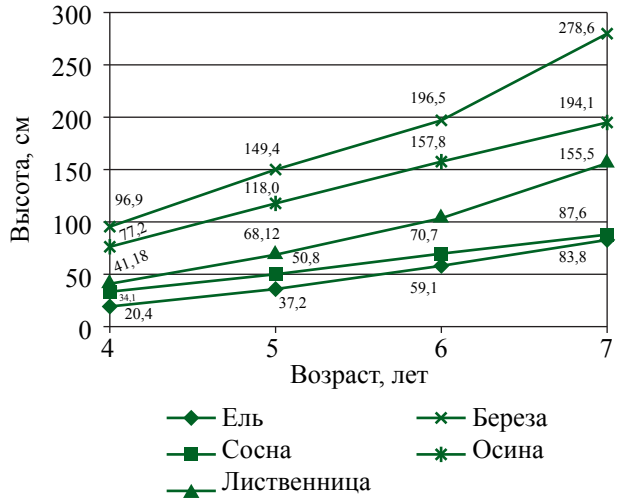


Рис. 3. Динамика средних высот различных пород на пробной площади МН-1

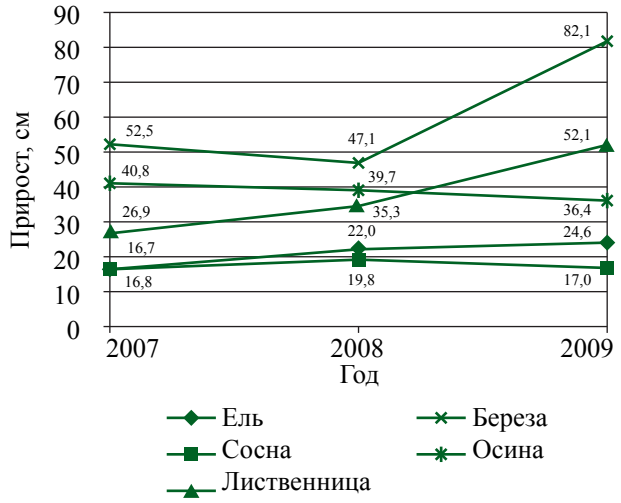


Рис. 4. Текущие приросты по породам на пробной площади МН-1

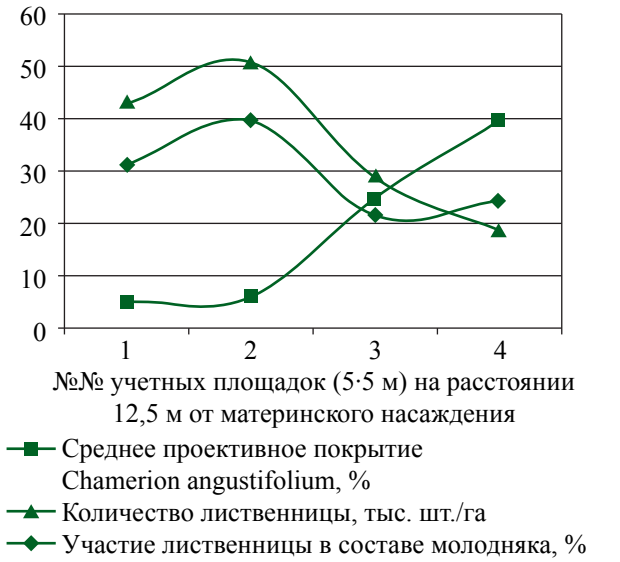


Рис. 5. Зависимость количества и доли участия лиственницы в составе молодняка от проективного покрытия *Chamaenerion angustifolium* на пробной площади МН-1

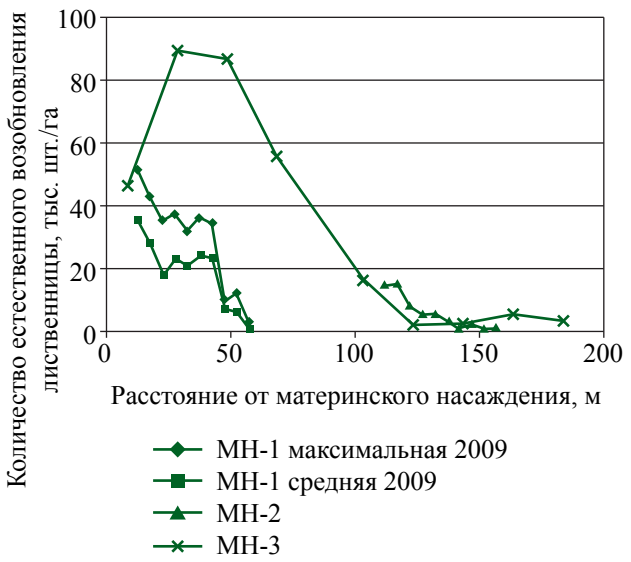


Рис. 6. Успешность естественного возобновления лиственницы на опытных объектах

выпадение из состава сосны, что связано с повторным поражением ее обыкновенным шютте.

Биометрические измерения высот и приростов на пробной площади МН-1 проводились осенью 2009 г. В 7-летнем возрасте средние высоты по породам распределились следующим образом: за весь период исследований лидером по высоте является береза, лиственница уступает по этому показателю только мягколиственным, опережая сосну и ель (рис. 3).

Текущие приросты по породам представлены на рис. 4. По этому показателю сохраняются лидирующие позиции за березой, обращает на себя внимание, что в 2009 г. по текущему приросту лиственница обогнала осину, что говорит о тенденции к наращиванию энергии роста у этой породы. Снижение текущего прироста у сосны в 2009 г. является следствием повреждения этой породы обыкновенным шютте, которое периодически наблюдается в сосновых молодняках Никольской лесной дачи.

В условиях Никольской лесной дачи на количество и долю участия лиственницы в составе молодняка влияет живой напочвенный покров, наиболее выраженное отрицательное влияние (r= -0,64) оказывают иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*) и малина лесная (*Rubus idaeus*) (рис. 5). На расстоянии 50 м от материнского насаждения количество лиственницы снижается до 3,4 тыс. шт./га (доля участия молодняка учитываемых пород до 48 % от среднего количества) за счет отрицательного воздействия вышеуказанных видов. За пределами пробной площади (>70 м от источника обсеменения) кипрей практически полностью подавляет естественное возобновление древесных пород. Проводимые здесь в 2008–2010 гг. меры содействия естественному возобновлению, в виде минерализации участка и огневого воздействия, не дали положительных результатов. Обратные результаты получены учеными для условий Европейского Севера, где отмечается благоприятное влияние кипрея на состояние лиственницы, под защитой которого она меньше подвергается выжиманию морозом и обмерзанию побегов [3], однако в условиях простых суборей (B_2) Никольской лесной дачи, по результатам двух учетов, под пологом этого растения удавалось обнаружить лишь единичные ослабленные экземпляры ели.

Для объективного изучения дальности эффективной диссеминации лиственницы нами были заложены дополнительные пробные площади в схожих и других лесорастительных условиях. Второй объект – пробная площадь МН-2 (размер 5×50 м), заложена весной 2010 г. на вырубке 2001 г. в квартале 37 Никольской лесной дачи, расположен в восточном направлении от источника обсеменения на расстоянии 110 м. В 2002 г. здесь были созданы лесные культуры ели. Результаты учетов показали, что количество лиственницы изменяется от 15,2 до 2,4 тыс. шт./га (расстояние 150 м), после чего идет резкое падение этого показателя (рис. 6), но единичные экземпляры встречаются до 250 м. Доля участия лиственницы в составе молодняка 2 единицы и меньше.

Третий объект – пробная площадь МН-3, заложена весной 2010 г. на вырубке 1999 г. в квартале 148 Порецкого лесничества, что на западе Московской области. Материнское насаждение имеет возраст 130 лет, общую площадь 14,7 га. Тип лесорастительных условий – влажная сложная суборь (C_3). На объекте была заложена ленточная пробная площадь, учетные площадки размером 5×5 м располагались через 15 м, в восточном направлении от материнского насаждения.

Согласно полученным результатам, на первых трех площадках, до 50 м от материнского насаждения, в составе преобладает лиственница (рис. 6). На изменение густоты молодняка в значительной степени влияют условия увлажнения – процессы заболачивания на расстоянии 70–100 м и 110–150 м от западной границы вырубки. Тем не менее, на расстоянии 165 м от материнского насаждения количество лиственницы достигает 5,2 тыс.шт./га, а максимальное количество на объекте – 89,6 тыс. шт./га. На данном участке все хвойные породы в значительной степени повреждены лосем, а лиственница к тому же и мышевидными грызунами. В соответствии с действующими рекомендациями на всех трех пробных площадях возобновление лиственницы оценивается как хорошее.

Исследование дальности эффективной диссеминации лиственницы под пологом материнского насаждения проводилось в Андреевском лесничестве Владимирской области, в лесных культурах сосны с участием в составе лиственницы до 2-х единиц, созданных лесоводом К.Ф. Тюрмером в 1894 г. Отличительной особенностью данного объекта является наличие смешанных сосново-лиственнично-еловых насаждений, в которых в прошлом проводились интенсивные выборочные рубки и периодически возникают низовые лесные пожары. Тип лесорастительных условий – свежая сложная суборь (C_2).

На данном объекте удалось установить максимально возможные расстояния распространения естественного возобновления лиственницы под пологом насаждения, которое зафиксировано до 400 м, однако наиболее массовая концентрация молодняка отмечается до 200 метров. Необходимо отметить, что на прилегающих к объекту

исследований заброшенных сельскохозяйственных землях наблюдается массовое возобновление сосны, молодняка лиственницы не обнаружено, возможно, по причине отсутствия пирогенного фактора и достаточной минерализации почвы.

Таким образом, естественное возобновление лиственницы в ареале интродукции – процесс уникальный, который представляет для лесоводов как научный, так и практический интерес, и изучен для условий региона впервые.

1. Лиственница успешно возобновляется естественным путем на вырубках Центральной России до 200 м и преобладает в составе молодняка до 50 м на расстоянии от материнского насаждения.

2. При содействии естественному возобновлению лиственницы необходимо проводить минерализацию почвы и огневую очистку лесосек, которые эффективны в первые три года после рубки древостоя. Хорошие результаты дает технология широкополосной раскорчевки для подготовки площади под лесные культуры, в дальнейшем здесь можно получить комбинированное возобновление хвойных пород с участием лиственницы.

3. Для формирования естественных насаждений лиственницы в ареале интродукции необходимы своевременные лесоводственные уходы (осветление) в смешанных молодняках, которые следует проводить не позднее возраста 7–9 лет с целью удаления мягколиственных пород.

4. В местах массовой концентрации копытных для получения качественных молодняков лиственницы рекомендуется проводить регулирование их численности.

Библиографический список

1. Беляев, В.В. Некоторые аспекты восстановления лиственницы в Архангельской области / В.В. Беляев, В.Д. Козловский, Р.В. Сунгуров и др. // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: Материалы регионального рабочего совещания. – Архангельск, 2002. – С. 56–59.
2. Вялых, Н.И. Естественное возобновление лиственницы на вырубках елово-лиственничных лесов Келдозерского лесничества / Н.И. Вялых, Д.П. Засухин // Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: Материалы регионального рабочего совещания. – Архангельск, 2002. – С. 73–76.
3. Козобродов, А.С. Естественное возобновление лиственницы Сукачева на концентрированных вырубках и других открытых местах Европейского Севера / А.С. Козобродов, В.И. Кашин // Лиственница. XXXIX. – Т. II. – Красноярск, 1964. – С. 167–180.
4. Мельник, П.Г. Естественное возобновление лиственницы европейской в Никольской лесной даче / П.Г. Мельник, Н.Ю. Насыпайко // Леса Евразии – Русский Север: Материалы VII Международ. конф. молодых ученых. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – С. 35–37.
5. Мерзленко, М.Д. Лесоводственная экскурсия в Никольскую лесную дачу / М.Д. Мерзленко, П.Г. Мельник. – М.: Терция и К°, 2000. – 43 с.

ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Б.А. МОЧАЛОВ, *проф. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного Арктического федерального университета им. Ломоносова, д-р с.-х. наук,*
С.В. БОБУШКИНА, *асп. каф. лесоводства и почвоведения Лесотехнического института Северного Арктического федерального университета им. Ломоносова*

bmochalov@mail.ru; svetlana-bobushkina@rambler.ru

Современное направление ведения лесного хозяйства по пути неистощимого лесопользования ставит перед лесоводами задачу своевременного лесовосстановления и постоянного повышения продуктивности лесов. Большую роль при этом играет возможность обеспечения в полной мере лесокультурного производства высококачественным и разнообразным посадочным материалом, отвечающим требованиям широкого диапазона лесо-

растительных условий. Большой эффект при создании лесных культур может дать использование посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК). Технология его производства является весьма перспективной по научно-техническому потенциалу. Преимуществами ПМЗК являются высокая технологичность производства, увеличение сроков посадки, снижение трудоемкости при посадке, высокая приживаемость и хороший рост культур в первые годы после создания [1–4 и др.].

Успех выращивания посадочного материала в закрытом грунте обуславливается многими факторами: температурным режимом, условиями полива и минерального питания, влажностью субстрата и воздуха, сроками выращивания. Для сеянцев с закрытой корневой системой, кроме того, важен также тип контейнера, качество субстрата, сроки доращивания на полигоне и др. При этом ряд факторов имеют общетехнологическое значение, например качество полива и влажность субстрата, другие зависят от региональных условий, например режимы микроклимата в теплицах, и они должны носить региональный характер.

Наши исследования проводятся в тепличном комплексе Вельского лесхоза Архангельской области (средняя подзона тайги), оборудование которого приобретено в Финляндии. Сеянцы сосны и ели выращиваются на субстрате из местного торфа с внесением отечественных удобрений, который имеет определенные отличия от финского субстрата по ряду характеристик. Его готовят из низинного или переходного разложившегося торфа с более высокой зольностью и низкой влагоемкостью, чем финский, в состав которого входит верховой слаборазложившийся торф. Из отечественных удобрений используются простые или сложные, которые отличаются от финских меньшей растворимостью в воде и отсутствием в них микроэлементов. Сеянцы выращиваются в кассетах «Пант-81» и, частично, «Плантек-81». Регулирование температуры в теплицах проводится автоматически открыванием фрамуг в крыше теплицы. Полив и подкормки сеянцев ведутся через поливную установку со стационарно закрепленной трубой с форсунками на тележке, передвигающейся вдоль теплицы.

Целью исследований является совершенствование технологии выращивания ПМЗК в условиях севера с использованием местных субстратов и отечественных удобрений, мониторинг роста сеянцев при различных режимах температуры, влажности и минерального питания, возможность увеличения выхода ПМЗК с единицы площади.

Наблюдения показали, что при большом различии абсолютных температур в теплицах и на открытом участке в целом ход срочных температур в утренние и вечерние часы имеет довольно тесную связь при высоком уровне достоверности. Так, за период 28.07 – 8.09.2010 г. сумма минимальных температур в теплицах была выше на 155,0–167,2°С, или на 42,4–45,7 %, чем на открытом участке, сумма максимальных соответственно на 269,9–278,4°С, или на 24,2–25,0 %. В теплицах за этот период было 19–20 дней с температурой выше 35°С и 12–13 дней с температурой выше 40°С, а в ночное время и в утренние часы половина срока были с температурой ниже 10°С.

Известно, что в пределах температур от 0 до 10°С и от 30 до 35°С у сеянцев снижается фотосинтез, тормозятся процессы роста и развития, а при температурах ниже 0°С и выше 40°С практически останавливаются физиологические процессы и возможно повреждение растений [5]. Поэтому необходимы дополнительные меры по поддержанию оптимальных параметров температурного режима. Ими могут быть принудительная вентиляция и необильные поливы в жаркие периоды, а для исключения низких (менее 10°С) температур необходим обогрев теплиц, особенно при многоротационном выращивании сеянцев.

Дождевание в теплицах проводят, преследуя две цели. Во-первых, это полив для повышения влажности субстрата до необходимых параметров и для снижения температуры поверхности субстрата и воздуха в жаркие периоды. Во-вторых, регулярные подкормки сеянцев раствором минеральных

удобрений через поливную систему с последующим поливом для смыва капель раствора с хвои и стволиков сеянцев во избежание химического ожога растений. Количество воды, попадающей в ограниченное пространство каждой ячейки, определяет качество полива. От этого зависят десукция и транспирация влаги, концентрация элементов питания в почвенном растворе и, в конечном итоге, размеры и качество посадочного материала. [6]

По результатам наблюдений установлено, что отличие между отдельными кассетами и точками определения количества воды достигало значительных величин, а разница между минимальным и максимальным показателем колебалась от 155,8 до 270,6 %. Такое варьирование попадания раствора удобрений и воды в ячейки, наряду с неодинаковым содержанием минеральной части в субстратах, обуславливает большие различия влажности, концентрации растворов и содержания элементов питания между кассетами и ячейками.

Общая картина распределения осадков при подкормках и поливах имеет определенную закономерность по площади и во времени (рис. 1).

Определения показали, что количество воды, попавшей в ячейки при поливе сразу после подкормки, количество раствора при подкормке и их суммарное значение имеют примерно одинаковый ход кривой поперек теплицы. Необходимо техническое решение по поддержанию равномерного полива в теплицах. Им может быть переоборудование крепления трубы с форсунками на поливной установке так, чтобы было возможно периодически перемещать ее вдоль продольной оси на расстояние 10–15см.

Влажность субстрата в ячейках кассет в теплицах колеблется в среднем от 247 до 314 % в разные сроки определения. Такая влажность характерна для относительно уплотненного торфа переходного или низинного типа. Различия крайних показателей влажности при одном сроке определения составляют 88–210 %, что довольно значительно даже для торфов.

Определения влажности субстрата в разные сроки (в июле и сентябре), но примерно в одних рядах кассет, показывают определенную устойчивость ее по кассетам во времени.

Определение зависимости полевой влажности субстрата от количества попадаемой в ячейки влаги при поливах и подкормках показало довольно низкую полиноминальную связь между ними при общей положительной направленности связи с широким диапазоном разброса данных. Одним из факторов, обуславливающим это, являются значительные различия зольности субстратов в ячейках. Определение зольности и влажности субстратов в ряде кассет показали довольно высокую связь этих показателей.

В России для сеянцев и саженцев установлены определенные требования по размерам [7], но для ПМЗК таких требований пока нет. В Финляндии минимальный размер для сеянцев с закрытыми корнями установлен 10 см [8]. Ранее проведенные исследования показали, что средний размер сеянцев сосны, выращиваемых в теплицах Вельского лесхоза, колеблется в пределах 7–9 см. Если основная часть сеянцев имеет меньшие размеры, то они доращиваются год на полигоне.

Для производственного посева использовались семена сосны 2 класса качества из двух партий 2001 г. и 2004 г. со всхожестью соответственно 68 и 60 %. Эти же семена использовались для закладки опытов.

При очень жаркой погоде летом 2010 г. средняя высота сеянцев при выращивании весь период в теплицах составляла: у сосны 8,5–8,7 см, у ели – в пределах 5 см. В опытах с различными сроками выращивания сеянцев в теплицах и доращивания на открытом участке в течение сезона были приняты два показателя. Первый – за общий срок выращивания сеянцев принято число дней (109) от посева семян до выноса кассет с производственными посевами и ряда опытных вариантов из теплиц и проведения замеров сеянцев. Вторым периодом принято число дней выращивания сеянцев под пленкой в теплицах до выноса кассет с сеянцами на площадку доращивания.

При выращивании сеянцев сосны под пленкой 77, 65 и 31 день их высота была

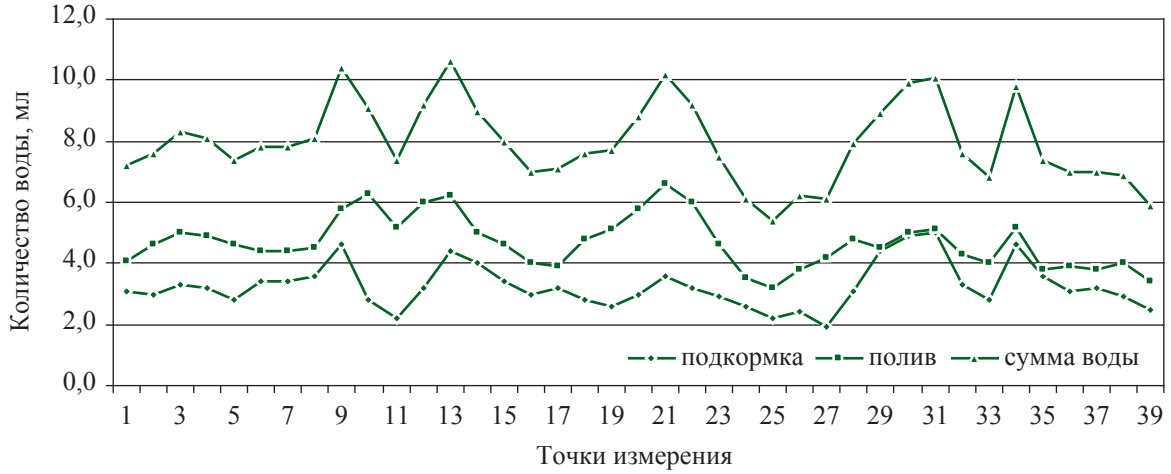


Рис. 1. Расход воды при поливе и подкормке сеянцев сосны в теплице 27.07.2010 г.

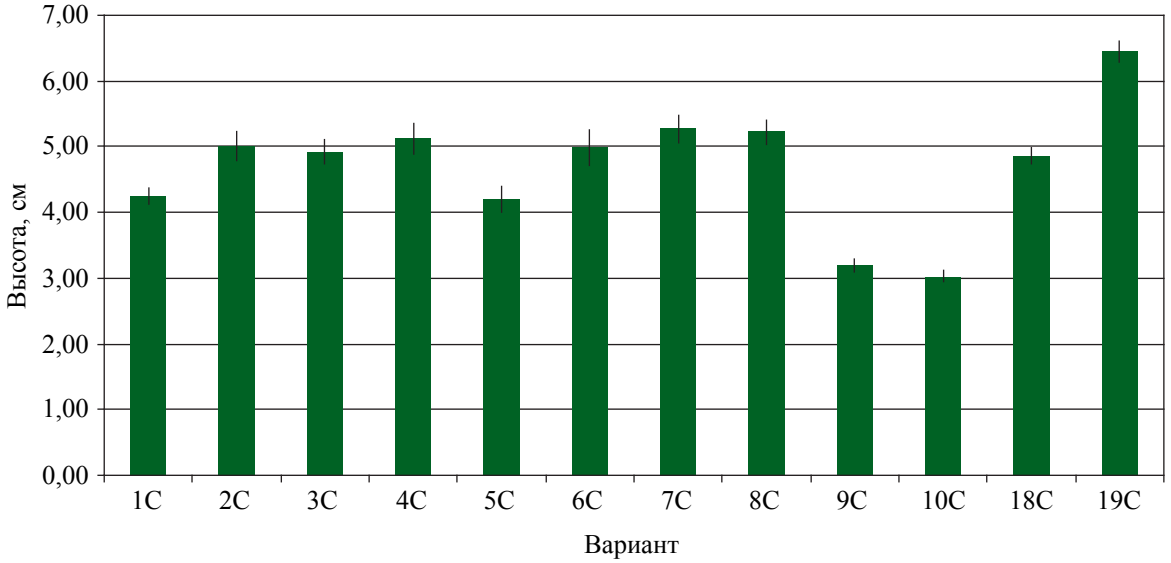


Рис. 2. Высота сеянцев сосны по вариантам. 9.09.2011 г.

меньше соответственно на 31, 34,5 и 56,3 % или на 4,9–2,6 см. Вполне естественно, что в разные по погодным условиям годы показатели высоты и число дней будет несколько меняться. Однако, в целом, при доращивании их еще сезон без пленки сеянцы будут пригодны для производства лесных культур.

Продолжение исследований в данном направлении позволит разработать рациональные схемы многоротационного выращивания посадочного материала с закрытыми корнями и в суровых климатических условиях севера.

В 2011 г. посев семян и вынос кассет в теплицы проводился позднее. Опытные варианты отличались содержанием элементов питания в субстрате. Были заложены опыты на торфе без добавок (вариант 1С) и с внесением различных видов минеральных удобрений. Испытывались удобрения (с содержанием в % N:P:K) в расчете 1 кг на 1 м^3 без извести и с внесением извести тоже 1 кг/м^3:

– ПУМ – 4 = 11:18:20, варианты 2С и 5С;

– диаммофоска (ДАФК) = 10:26:26, варианты 3С и 6С;

– азофоска (АЗФК) = 16:16:16, варианты 4С и 7С.

Дополнительно заложены варианты с внесением 1,5 и 2,0 кг/м^3 извести без удобрений, соответственно 8С и 10С, и вариант с внесением по 1,5 кг/м^3 ДАФК и извести (9С).

На всех вариантах подкормка сеянцев в течение сезона проводилась по режиму, принятому в целом для комплекса, а на нескольких рядах кассет производственных по-

севов она была удвоена (19С). Субстрат для производственных посевов готовили на поточной линии, в качестве добавок к торфу использовали удобрение ПУМ и известь. Контролем была принята средняя высота сеянцев производственных посевов (вариант 18С). В текущем году она была несколько ниже, чем в предыдущем, из-за задержки посевных работ. Показатели средней высоты сеянцев приведены на рис. 2.

На опытных вариантах более высокие показатели высоты, в сравнении с контрольными, получены у сеянцев сосны и ели в кассетах с двойной подкормкой (6,5см, вариант 19С) и при внесении в субстрат азофоски с известью и без извести (5,2см, варианты 4С и 7С). Наиболее низкие показатели высоты в конце вегетационного сезона оказались у сеянцев сосны и ели на вариантах с внесением диаммофоски и извести по 1,5 кг/м^3 и только извести 2,0 кг/м^3 (варианты 9С и 10С).

Данные опыты показывают, что размеры сеянцев в значительной мере зависят от вида, нормы и способа внесения удобрений. При этом большое значение имеют физические свойства субстрата, равномерность попадания удобрений в ячейки кассет при подготовке субстрата и забивке его в кассеты. Значительную роль также играет концентрация раствора удобрений при подкормах и соотношение основных элементов питания в растворе на разных стадиях роста и развития сенцев. Поиск оптимальных параметров минерального питания при выращивании сеянцев с закрытыми корнями позволит более полно реализовать биологический потенциал культуры. При этом, очевидно, будут играть определенную роль климатические условия региона и погодные условия сезона выращивания.

Другим важным негативным моментом является большая дифференциация сеянцев по высоте как в кассете, так и в целом по теплице. Различия между максимальными и минимальными показателями высоты в конце сезона составляют 3,5–4 раза. Очевидно, это связано с рядом факторов и необходим поиск наиболее лимитирующих из них. Значительную роль могут играть генетический потенциал семян, подготовка их к посеву, условия среды в период прорастания семян, влажность субстрата и концентрация элементов питания в почвенном растворе в ячейках кассет.

Состояние сеянцев на площадке доращивания после выноса из теплицы зависит от времени наступления, силы и продолжительности заморозков. По наблюдениям сотрудников СевНИИЛХ, в отдельные годы сеянцы сосны и особенно ели в значительной мере бывают повреждены осенними заморозками, наступающими сразу после выноса кассет с сеянцами на площадку доращивания. В 2010 г. заморозки на открытом участке (от -1,6 до -5,0 °С) были примерно через 2 недели после выноса сеянцев из теплицы. В 2011 г. заморозки в конце сезона на открытом участке были в третьей декаде августа и в третьей декаде сентября. Отрицательных температур в теплицах в августе не было. Сеянцы из теплиц на площадку доращивания вынесены в первой декаде сентября. При обследовании в октябре видимых повреждений сеянцев низкими температурами не было оба года.

Приведенные материалы показывают, что в тепличных комплексах в условиях средней подзоны тайги имеются значительные перспективы по повышению качества и увеличению выхода сеянцев с закрытой корневой системой. Для этого необходимо продолжение исследований по разработке оптимальных параметров температурного режима по фазам роста сеянцев, режимов влажности субстратов и минерального питания, сроков выращивания под пленкой и доращивания на открытой площадке.

Библиографический список

1. Мочалов, Б.А. Использование разных видов посадочного материала для лесовосстановления в зоне европейской части России / Б.А. Мочалов // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. Сб. научн. трудов. – Архангельск, 2005. – С. 123–136
2. Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов. – СПб: СПбНИИЛХ, 2000. – 293 с.
3. Родин, С.А. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материа-

лом с закрытой корневой системой / С.А. Родин, А.Р. Родин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 5. – С. 7–10.
4. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми / Под ред.: Г.М. Козубова, А.И. Таскаева. – М.: Издательско-продюсерский центр «Дизайн. Информация. Картография», 2000. – 512 с.
5. Мочалов, Б.А. О микроклимате в теплицах с полиэтиленовым покрытием при выращивании сеянцев сосны и ели / Б.А. Мочалов, А.С. Синников // Вопросы лесовосстановления на Европейском Севере. – Архангельск: Архангельский институт леса и лесохимии, 1976. – С. 104–115.
6. Бобушкина, С.В. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Архангельской области / С.В. Бобушкина, Б.А. Мочалов, Л.В. Шапошникова // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы всероссийской конференции с международным участием. – Хабаровск: Изд-во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2011. – С. 81–84.
7. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия. Введен взамен ГОСТ 3317-90 «Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия» / Утвержден и введен в действие приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 10.12.93 г. № 327. Дата введения 1994-04-01.
8. Мочалов, Б.А. О нормативных положениях по лесовосстановлению на севере Европейской России и в Финляндии / Б.А. Мочалов // Лесное хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 17–20.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА ОТВАЛАХ ЛУЧЕГОРСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

А.П. САРАНЧУК, *асп. каф. лесных культур Приморской ГСХА,*
О.В. ХАЙЛОВА, *доц. каф. лесных культур Приморской ГСХА, канд. биол. наук*

ilh@primacad.ru; saranchoyk_a@mail.ru

Опыт закрепления нарушенных земель путем создания лесных культур на отвалах Лучегорского угольного разреза Приморского края.

Постоянно увеличивающаяся добыча и переработка природных ресурсов являются причиной широкого распространения техногенных ландшафтов. В результате возникают промышленные отвалы различного типа, образованные вскрышными породами, лишенными зачатков жизни, на которых в ходе первичных сукцессий заново постепенно образуется новый почвенно-растительный покров.

Изменения, вносимые промышленностью в природные ландшафты и приводящие к возникновению новых техногенных форм, не могут быть восстановлены самой природой в короткие сроки. Для создания на месте нарушенных промышленностью земель новых продуктивных и устойчивых природно-территориальных комплексов, удовлетворяющих все потребности человека, требуется его активное преобразующее воздействие на техногенные ландшафты.

Исследование проводилось в искусственных насаждениях облепихи крушиновидной, тополя Максимовича, сосны обыкновенной, ясеня маньчжурского и клена приречного, созданных на отвалах процесса угледобычи.

Цель работы – изучить опыт создания лесных культур на отвалах угольного разреза «Лучегорский» филиала ЛУТЭК ОАО ДГК (ЛУР), созданных в процессе рекультивации, определить их качественное состояние.

Характеристика отвалов ЛУРа показана в табл. 1.

Таблица 1 показывает, что для складирования вскрышных пород на отвалах угольного разреза «Лучегорский» филиала ЛУТЭК ОАО ДГК используются три отвала: Восточный, Звеносборка и Северный. Восточный отвал отработан, поверхность рекультивирована с нанесением плодородного слоя. Следующий отвал Звеносборка площадью 161 га не отработан, горнотехническая рекультивация проведена частично на площади 52 га. Северный отвал площадью 1100 га действующий, из его площади отработаны и рекультивированы 60 га.

Участки лесных культур сосны обыкновенной, клена приречного, облепихи кру-

Таблица 1

Характеристика рекультивированных отвалов Лучегорского угольного разреза

Название отвалов	Площадь отвала, га	Из них отработано, га	Время окончания отсыпных работ	Состояние поверхности	Мероприятия горно-технического этапа рекультивации	Мероприятия биологического этапа рекультивации
Восточный	81	81	1986–1994	Рекультивирована. Посев многолетних трав. Лесопосадки 1990–1994	Планировка поверхности с нанесением плодородного слоя	Посадка саженцев сосны на площади 46 га, 1986; посадка облепихи на площади 15 га, 1986; посев многолетних трав с применением минеральных удобрений и гуминовых кислот,1990; посадка саженцев тополя и клена на площади 15 га
Звеносборка	161	0	Не отработаны	Рекультивирована частично, самозарастание, без планировки, частично лесопосадки	Планировка поверхности частично. Нанесение ПСП частично.	Посадки ясеня. Посадки тополя
Северный	1100	60	Действующие	Рекультивирована частично	Планировка поверхности частично. Нанесение ПСП частично.	Посадка сосны произведена на площади 10 га в кол-ве 25000 шт.

Таблица 2

Сводная ведомость типов лесных культур на отвалах Лучегорского угольного разреза

Вид лесокультурной площади	Рельеф	Площадь участка лесных культур, га	Порода	Схема смешения	Способ производства культур	Густота посадки по породам, тыс.шт.		Размещение посадочных мест	Сохранность, %	Метод производства
						на 1га	на всю S			
Отвал Восточный	Пологий склон 10°	46 15 10,5 4,5	Сосна Облепиха Тополь Клен	Древесно-теневой. Древесно-кустарниковый	Сплошной Кулисный Сплошной Сплошной	1250 3000 0,666 0,666	45000 45000 7000 3000	4х2 1х3 3х5 4х5	47 15 70 15	Посадка Посадка Посадка Посадка
Отвал Звеносборка	Пологий склон 5° Ю-ЮВ	20	Ясень	Древесно-теневой	Сплошной	2500	20000	2х5	27	Посадка
Отвал Северный	Пологий склон 5°	10	Сосна	Древесно-теневой	Сплошной	2500	25000	2х2	0	Посадка

шиновидной создавались на Восточном отвале, где проводилось наибольшее количество мероприятий по биологической рекультивации. Это и нанесение плодородного слоя почвы, и мелиоративная подготовка (внесение бактерий-мелиорантов), и посев травосмесей, и посадка лесных культур.

Всего было обследовано 5 участков лесных культур: посадки облепихи, тополя, ясеня, клена и сосны. Таким образом, на основании всех изученных материалов и полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Таблица типов лесных культур на отвалах угольного разреза «Лучегорский» филиала ЛУТЭК ОАО ДГК (табл. 2) показывает, что на всех видах отвалов лесные культуры создавались методом посадки, сплошным

способом производства культур, но разными породами, при использовании различных схем смешения и различном размещении посадочных мест.

Культуры сосны обыкновенной на Восточном отвале были созданы в 1986 г. Площадь составляет 46 га. В настоящее время сохранность культур сосны составляет 47 %.

На Восточном отвале облепиха была посажена вручную с размещением посадочных мест 6х1. Густота культур составляла 3000 шт./га. Посадка производилась кулисным способом. Это значит, что растения высаживались кулисами по 4–5 рядов с оставлением коридоров шириной до 10 м. Нельзя не сказать о том, что четкой схемы распределения растений по площади при посадке не придерживались, ширина коридоров колеблется от 4-х до 10-и метров и ряды расположены то вдоль, то поперек склона. Уходы за посадками не проводились. Дополнения не требовались, т.к. приживаемость по акту приемки составила 88 %, сохранность на 2010 г. составила всего 15 %.

Культуры тополя имеют самую высокую сохранность 70 % только потому, что с одной стороны участка проходит дорога, а с другой – озеро вытянутой формы. Они выполняют роль минерализованных полос.

Лесные культуры клена приречного на восточном отвале были созданы в 1986 г., сохранность составила 15 %.

Культуры ясеня создавались на отвале Звеносборка площадью 20 га, сохранность – 27 %.

На Северном отвале культуры сосны не сохранились.

Таким образом, низкие показатели сохранности лесных культур связаны с отсутствием лесокультурных уходов в первые годы посадки и с прохождением 1–2 раза в год беглыми низовыми пожарами.

Отвалы угольных карьеров пригодны для выращивания лесных культур лесокультурными приемами. Чтобы не допустить значительной гибели лесных культур на нарушенных землях, важно в самые короткие сроки после посадки осуществлять лесокультурные уходы (окашивание, прополка приствольных кругов, химическая обработка). А также проектировать лесные культуры по звеньевому типу смешения, с обязательным созданием минерализованных полос шириной 3–4 метра по горизонталям. Это позволит предотвратить повреждение культур низовыми пожарами.

Библиографический список

1. Гусаченко, А.Ю. Некоторые вопросы лесной рекультивации открытых угольных разработок в Приморском крае / А.Ю. Гусаченко, С.А. Саболдашев // Некоторые аспекты рекреационных исследований и зеленного строительства. – Владивосток: Изд-во АН СССР, 1989. – С. 53–65.
2. Гусаченко, А.Ю. Экореставрация угольных карьеров юга ДВ / А.Ю. Гусаченко // Вестник ДВО РАН. – 1992. – № 1–2(41-42). – С. 32–44.
3. Двужильный, В.В. Зарастание антропогенных ландшафтов на руднике Верхнем в Дальнегорском районе / В.В. Двужильный // Проблемы устойчивого развития регионов в 21 веке. – Биробиждан, 2002. – С. 154–155.
4. Зайцев, Г.А. Лесная рекультивация / Г.А. Зайцев, Л.В. Моторина, В.Н. Данько. – М.: Лесная промсть, 1977. – 128 с.
5. Павленко, И.А. Искусственное лесовосстановление на Дальнем Востоке: учебное пособие / И.А. Павленко. – Уссурийск, 1979. – 92 с.
6. Чибрик, Т.С. Опыт рекультивации породных отвалов открытых угольных разработок Капринско-Волчанского бассейна / Т.С. Чибрик // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов: сб. науч.тр. – Свердловск, 1979. – С. 110–119.

СТРУКТУРА ВИДА, СЕЛЕКЦИЯ, СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ

М.Г. РОМАНОВСКИЙ, *гл. науч. сотрудник ГУ РАН Института лесоведения РАН, д-р биол. наук*

michrom@mail.ru

Вид лесных деревьев – динамическая система морфологических и поведенческих вариантов (форм). Неструктурированный вид недоступен адаптационным и эволюционным преобразованиям. Только полиморфизм (групповые вариации строения особей) и «полиреактивность» (системная неоднозначность реакций) задают направления допустимых преадаптаций вида и реальных адаптаций, селекционных и эволюционных преобразований [1, 2]. Бесструктурный вид непригоден ни для естественного или искусственного отбора, ни для прогрессивной эволюции [1].

Представления о групповой изменчивости габитуальных (в т.ч. таксационных) параметров деревьев предполагают особый подход к описанию древостоя. Древостой приобретает вид совокупности габитуальных форм, развивающихся на фоне конкуренции, отпада и переломов онтогенеза. Классы роста деревьев по Крафту в одновозрастных насаждениях выступают как наследственно обусловленные формы. Дифференциация деревьев сомкнутого древостоя предстает как конкуренция, модификация и дифференцированный отпад наличных габитуальных форм [3].

Еще в конце 1960-х – начале 1970-х гг. В.С. Ипатов (Ленинградский ГУ), анализируя изменчивость диаметров ствола в одновозрастных естественных древостоях и культурах ели и сосны, предложил рассматривать трехгрупповую структуру послежердняковых насаждений как всеобщее правило. Поскольку наличие трех групп не укладывалось в представления о конкурентном отборе особей среди генетически однородного материала, деревья средней группы автор квалифицировал как «интермедиатные», не определившиеся, куда им дальше переходить – в группу господствующих или подчиненных. Кроме того, во многих насаждениях выделялась 4-я группа отмирающих деревьев [4].

С точки зрения исходного полиморфизма посевов 3–4 групповая структура древостоев естественна – как остаток исходной 4–5 групповой структуры, трансформированной конкурентным отбором [3].

Подобное прочтение картины развития древостоя осложняется, во-первых, неявным присутствием форм в посевах. При садовом поштучном выращивании распределения групп-форм по количественным признакам перекрываются примерно наполовину и общее распределение внешне непрерывно. Во-вторых, онтогенетические траектории развития признака у особей, относившихся ранее к одной группе, в пунктах бифуркации (в критических точках онтогенеза) могут расходиться [3, 5].

Популяции древесных видов неоднородны и по физиологическим параметрам. Так, интенсивность фотосинтеза снижается от утреннего подъема до полуденной депрессии по одной из 3 модальных траекторий, объединенных в 3 серии. Температурная зависимость дыхания ствола дуба распадается на 7 функций, композиция которых дает наблюдаемые в течение сезона вариации интенсивности дыхания. Зависимость суточной транспирации от освещенности листьев (хвои) – серия параллельных прямых, и т.д. [5]. Из видового ассортимента особь получает более или менее полный комплект поведенческих реакций.

По «линейным» количественным признакам вид – серия форм, различия между которым обусловлены кратностью амплифицированных линейных повторов сайтов, локусов, доменов, работающих (экспрессируемых) в геноме особи, метамера, ткани. В отсутствие конкуренции особи выстраиваются по величине признака X в линейный ряд Симпсоновских треугольных групповых (формовых) распределений, перекрывающихся наполовину внутригрупповой области определения X [3],

Критерием истинности результата становится уже не только близость средних значений X, но и повторяемость серии средних

$\{X_i\}$, характеризующих формы или состояния объекта; при этом отдельные элементы серии могут отсутствовать, а средние X по гетерогенной выборке не совпадать. Основной статистический образ варьирования X в полиморфной популяции на выровненном фоне – ряд треугольных Симпсоновских распределений, соответствующий ряду представленных групп-форм. Гауссовская «нормальная» аппроксимации распределений для гетерогенной выборки недостаточны. Процессы, издавна описанные в лесоведении и лесоводстве как стохастические, наполняется селекционно-генетическим содержанием. Структурированность объекта требует индивидуального подхода к сбору данных (по отдельным особям, метамерам, фазам развития и т.п.).

Симпсоновская треугольная группа – естественный образ генетически однородного элемента, у которого варьирование величины признака создается случайным, а иногда и индуцированным (как у большинства поведенческих признаков) включением – выключением генетических доменов–повторов в двух гомологичных хромосомах. Их сумма при случайном и независимом варьировании дает Сипмпсоновский треугольник частот [3].

Возможность прочтения групповой изменчивости, групповой структуры выборки реальна только в случае сохранения индивидуальных адресов исходных данных. Необходима привязка параметров к отдельным особям, отдельным метамерам, отдельным стадиям онтогенеза. Как только мы перешли к средним показателям, возможность группового анализа утрачена. Исследуя, к примеру, среднюю ширину годичных колец с точки зрения дендрохронологии, мы теряем возможность понять структуру популяции.

Очень информативен прием «проекции» распределения особей, выживших в старшем возрасте, на структуру посева в молодости. Он позволяет выяснить, например, что в условиях I–III классов бонитета в старших возрастах сохраняются не просто наиболее крупные и успешные деревья, но отбор идет раздельно по группам; в каждой группе выживают преимущественно самые крупные особи. В группе господствующих сеянцев сохраняются практически все растения. В группе угнетенных почти все вымирают с возрастом. Реализация такого подхода возможна только в случае длительных индивидуальных наблюдений за ростом деревьев (нумерованные особи на постоянных пробных площадях, позиции индивидуальных сеянцев в штучных посевах и т.п.) [3, 5].

Исследуя групповой полиморфизм, желательно искать и использовать маркерные признаки, позволяющие «раскрасить» однородные объекты и естественным образом разбить выборку на группы. При этом часто, с помощью признаков-маркеров, удается выщепить из ряда изменчивости, представлявшегося непрерывным, мономорфные группы, имеющие Симпсоновское распределение значений признака [3].

Приложение концепции линейных количественных признаков проиллюстрируем на примере фенологических форм дуба черешчатого.

Поздноцветущую (позднораспускающуюся, позднюю) *Quercus robur* L. var *tardiflora* Czern. и раноцветущую (ранораспускающуюся, раннюю) *Q. robur* L. var *praecox* Czern. разновидности дуба черешчатого выделил в 1850-х гг. В.М. Черняев [6], профессор Императорского Харьковского университета в «Слободской Украине» (Харьковская губерния и Земли Войска Донского). Поскольку сроки цветения и распускания листьев у деревьев дуба близки (зацветание опережает листораспускание в среднем на пять дней), данные фенологические формы чаще называют позднораспускающейся и ранораспускающейся – поздней и ранней.

В Теллермановском опытном лесничестве ИЛАН дубы ранней формы готовятся развертывать листья после весеннего подъема среднесуточной температуры выше +8,5 °С. После этой даты массовое листораспускание начинается спустя 18 суток в нагорных экотопах и спустя 20 суток в пойме [5]. У позднего дуба почки распускаются в среднем через 20 суток после перехода температуры воздуха выше +10,3 °С.

В экспериментальных полусибсовых посевах дуба, созданных Е.И. Еньковой в

1945 г. в трех контрастных экотопах Теллермановского опытного лесничества, 90 % особей воспроизвели материнскую фенологическую форму (их листораспускание укладывалось в сроки, характерные для наблюдавшихся одновременно материнских субпопуляций) и только 10 % вышло за рамки материнского фенотипа [5]. Потомки двух деревьев, отобранных Е.И. Еньковой (18 сеянцев от раннего и 18 от позднего), в контролируемых температурных условиях дружно повторили материнский фенотип [7]. Посевы близнецовых пар из продольно рассеченных зародышей, получивших по одной семядоле, сохранили ранги материнских деревьев по срокам распускания листвы, даже при выращивании разлученных близнецов в разных эколого-географических местообитаниях (Анциферов и Чемарина, 1990). Индивидуальные особенности фенологии листораспускания наследуются. В экологических и географических культурах дуба воспроизводится формовая структура материнских популяций. Наследуются и другие фенологические параметры деревьев дуба (например склонность сохранять зимнюю листву) [8].

В естественных популяциях дуба фенологические наблюдения показали непрерывность ряда изменчивости деревьев по датами листораспускания (и цветения); ряда, состоящего, однако, из серии групп-форм со сроками листораспускания, перекрывающимися на 1/2. Пользуясь наблюдениями А.Е. Котюкова в Тульских засеках по датам листораспускания *T* можно выделить четыре группы (фенологические формы) деревьев дуба. Фенологические формы имеют области изменения *T*, перекрывающиеся примерно на 1/2. Деревья с узкими областями изменения *T* вписаны в широкие групповые кластеры [9].

На стационарах ВНИИЛМа в Тульских засеках, Шиповом лесу и Татарстане Г.А. Анциферов и О.В. Чемарина в течение 9 лет наблюдали фенологию листораспускания *Quercus robur* L.. Построив распределения деревьев по суммам эффективных среднесуточных температур (ΣT^{o} (> 5 ^{o}C)), необходимых для начала листораспускания [10], они надеялись выявить внутривидовые отдельности – фенологические формы дуба. Однако деревья попадали в перекрывавшиеся области ΣT^{o}. «Характер распределения каждой фенологической фазы в микропопуляциях непрерывен. … На основе имеющихся данных можно утверждать, что признак этот в популяциях не дискретен, распределения представлены кривыми, близкими к кривым нормального распределения, кривым Пирсона А при смещении максимума влево и кривым Пирсона Б при смещении максимума вправо. Разделение на фенологические формы (ранораспускающиеся, позднораспускающиеся и переходные) в этом случае проводят лишь условно, опираясь на принцип неперекрываемости фаз цветения» [10].

Действительно, по признаку «сумма эффективных температур», необходимая для начала листораспускания, естественная популяция дуба образует непрерывный ряд индивидуальной изменчивости признака, но ряд этот состоит из перекрывающихся треугольных Симпсоновских групп. Моделируя результаты Г.А. Анциферова и О.В. Чемариной как ряды фенологических групп-форм, мы выделяем по фенологии листораспускания в Шиповом лесу (Воронежская область) четыре группы. В Тульских засеках – пять. В Татарстане полигон распределения представлен всего лишь одной ранней группой. Каждая фенологическая группа-форма обладает широким люфтом варьирования средней суммы эффективных температур (около 100 градусосуток). В годы с разной динамикой весеннего подъема температуры сумма, необходимая дереву для прохождения фенологической фазы, существенно меняется. Значения сумм эффективных температур, соответствующие одноименным группам-формам, в разных лесных массивах и регионах несколько различаются.

Идеалу «неперекрываемости» [9] отвечают ранняя и поздняя фенологические формы дуба в культурах, созданных на падинах Прикаспийской низменности в Джаныбекском стационаре ИЛАН (граница Волгоградской области и Западного Казахстана). Саженцы для посадок были получены из Эльтонского лесхоза в Западном Казахстане (потомки ранней формы) и из Волгоградской агролесомелиоративной и садово-виноград-

ной станции (потомки поздней формы). Для мониторинга фенологии листораспускания в культурах из Эльтонского и Волгоградского посадочного материала отобрали по 40 «хорошо развитых» особей. Сроки развертывания листьев и цветения раннего и позднего дуба в культурах Джаныбекского стационара ИЛАН, не перекрывались во все 9 лет непрерывных наблюдений, проведенных С.Н. Карандиной (1966).

В Теллермановском опытном лесничестве ИЛАН сроки распускания листьев, если рассмотреть их за все 20 лет наблюдений, выполненных Н.В. Кондрашовой, перекрываются почти наполовину [5]. Между тем, в Теллермановском лесу мы, вне всякого сомнения, сталкиваемся с субпопуляциями дуба, обособленными и территориально и генеративно. Поздняя форма дуба черешчатого, заселяющая нагорные дубравы Теллермановской рощи, вероятно, не является частью естественной популяции, но интродуцирована по директивам центральной власти для создания сырьевой базы парусного кораблестроения. В период Азовских походов Теллермановский лес привлекал внимание Петра I. При нем у юго-западного окончания лесного массива строится Хоперская верфь. В царствование Екатерины II на том же месте поставлена Новохоперская верфь. Предположение об интродукционном происхождении Теллермановского позднего дуба согласуется с его неудовлетворительным естественным возобновлением и вытеснением из нагорных лесов другими древесными породами. Теллермановский поздний дуб обладает особым фенологическим ритмом, определяющим «блуждания» дат его листораспускания относительно местной ранней формы.

Существование рано- и позднораспускающихся форм в виде групп (популяций [8]), изолированных абсолютно четко (Джаныбекский стационар ИЛАН) или более-менее четко (Теллермановское опытное лесничество ИЛАН), – артефакт, связанный с интродукцией феноформ дуба. Их генеративная изоляция – результат вырезания отдельных групп из непрерывного ряда изменчивости и введения избранных форм в культуру. В автохтонных популяциях фенологические формы дуба обычно входят в ряды из 3–5 перекрывающихся групп-форм. Для полного набора видовых феноформ ряд температур воздуха, соответствующих старту листораспускания, будет выглядеть примерно так: 6, 8, 10, 12, 14, 16 °С. Последняя форма со стартовой температурой 16 °С предположительно встречается в Западной Европе.

Только при интродукции дуба, как это имеет место в культурах Джаныбекского стационара ИЛАН или как подозревается нами в Теллермановской роще и в Слободской Украине, мы видим раннюю и позднюю формы в качестве более или менее строго обособленных субпопуляций. В культурах Джаныбекского стационара, например, представлены формы 2 и 4 (нумерация в порядке увеличения стартовой температуры листораспускания). В Теллермановском опытном лесничестве – 2 и 3, третья интродуцирована в нагорных лесах.

По свидетельству В.М. Черняева, «горовой» поздний дуб называли «Петровским» [6]. Это подтверждает предположение о том, что его первые посевы в бассейне Дона созданы во время Азовских походов Петра Великого. Интродукционное происхождение позднего дуба в Слободской Украине обусловило его выделение В.М. Черняевым в качестве четкой фенологической отдельности. Активное использование дуба как военно-стратегической породы при формировании засек, строительстве крепостей, городков, пристаней, верфей и парусных кораблей требовало посевов желудей [5] и внесло сумятицу в структуру естественных популяций дуба черешчатого.

Кроме того, ранние и поздние фенологические формы неоднородны и имеют свои экологические расы [8 и др.]. У позднего дуба преобладают суборевый и дубравный экотипы. У раннего – пойменный и дубравный. Использование при интродукции разных экотипов вносит дополнительную путаницу в структуру феноформ искусственных и полуискусственных лесных массивов.

Многочисленные исследования были посвящены особенностям экологогеографического распространения фенологических форм дуба [5–10 и др.]. Типичный случай –

расселение позднего дуба по балкам от нагорных поздних дубрав в долины рек обусловлен не столько морозостойкостью позднего дуба (в поймах преобладает ранний), сколько распространением желудей талыми водами. Поздние дубы, интродуцированные в нагорных массивах, до 250 лет чрезвычайно обильно плодоносили [5].

Дуб – антропофильная порода. «Царство дуба» в автоморфных зональных экотопах – результат непрерывного и древнего давления человека. Естественное место дуба в нагорных экотопах – границы лесных массивов. Дуб – охранитель опушек и восстановитель нарушенных ландшафтов. Организация нагорного ландшафта в систему дубравных редин, включающую сельскохозяйственные посевы, сезонные выгоны, скотопрогоны (типа системы землепользования «дахель» в Эстремадуре), восходит, вероятно, к неолиту.

Подводя итог, можно сказать, что приложение к фенологическим формам дуба черешчатого представлений о линейных количественных признаках меняет взгляд на современную популяционную структуру и историю распространения этого вида.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущей научной школы РФ НШ-6959.2010.4

Библиографический список

1. Берг, Л.С. Номогенез или эволюция на основе закономерностей / Л.С. Берг. – Петербург: Госиздат, 1923. – 306 с.
2. Вавилов, Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Линнеевский вид как система / Н.И. Вавилов. – Л.: Наука, 1967. – 92 с.
3. Романовский, М.Г. Полиморфизм древесных растений по количественным признакам / М.Г. Романовский. – М.: Наука, 1994. – 96 с.
4. Ипатов, В.С. Дифференциация древостоя. I–III / В.С. Ипатов // Вестник ЛГУ. – Биология. – 1968. – Вып. 4. – № 31. – С. 59–68; 1969. – Вып. 3. – № 15. – С. 43–53; 1970. – Вып. 1. – № 3. – С. 66–77.
5. Экосистемы Теллермановского леса / Под ред. В.В. Осипова. – М.: Наука, 2004. – 340 с.
6. Черняев, В.М. О значении украинских лесов в отношении южной России / В.М. Черняев. – Харьков: Университетская типография, 1857. – 50 с.
7. Енькова, Е.И. Влияние температуры воздуха на набухание и раскрытие листовых почек черешчатого дуба Quercus robur L. / Е.И. Енькова // Научные записки Воронежского лесотехнического института, 1960. – Т. XXI. – С. 71–84.
8. Шутяев, А.М. Биоразнообразие дуба черешчатого и его использование в селекции и лесоразведении / А.М. Шутяев. – Воронеж: «Истоки», 2000. – 336 с.
9. Котюков, А.Е. Опыт анализа популяций дуба (Quercus robur L.) по фенологическому признаку / А.Е. Котюков // Тр. Института леса АН СССР, 1951. – Т. 8. – С. 180–195.
10. Анциферов, Г.И. Методические рекомендации по выделению и изучению фенологических форм дуба черешчатого / Г.И. Анциферов, О.В. Чемарина. – М.: ВАСХНиЛ, 1982. – 24 с.

ИСПЫТАНИЕ КЛОНОВ И ГИБРИДОВ ТОПОЛЕЙ ПОДРОДА *LEUCE DODE*

А.П. ЦАРЕВ, *проф. каф. лесного хозяйства Петрозаводского ГУ, д-р с.-х. наук,*
Р.П. ЦАРЕВА, *ст. науч. сотрудник НИИ лесной генетики и селекции, канд. с.-х. наук,*
В.А. ЦАРЕВ, *доц. каф. управления производством ВГЛТА, канд. с.-х. наук*

tsarev@psu.karelia.ru, rpopulus@yandex.ru, vadbat@comch.ru

Белые тополя отличаются довольно высокой продуктивностью и декоративностью. Они могут использоваться в строительстве, мебельном производстве, целлюлозно-бумажной, тарной, медицинской и других отраслях промышленности. Кроме того, они применяются в мелиоративном, декоративном, рекреационном и других видах лесонасаждений.

Целью проведенных исследований было выявление наиболее продуктивных, декоративных и зимостойких клонов, форм, гибридов и сортов этого подрода в Центральном Черноземье, а также изучение динамики ростовых показателей для установления возраста количественной спелости.

В Центральном Черноземье селекцией белых тополей занимались сотрудники Воронежской государственной лесотехнической академии и Центрального НИИ лесной генетики и селекции М.М. Вересин, А.И. Сиво-

лапов, В.П. Петрухнов и авторы настоящей работы [1–9]. Были осуществлены отборы в природных лесах, собраны коллекции из интродуцированных и полученных новых гибридов тополей, проведены их испытания. Некоторые результаты испытания представителей секций белых тополей и осин излагаются в настоящей работе.

Материалы и методы

К подроду *Leuce Dode* относятся две секции тополей: *Albidae Dode* (белые) и *Trepidae Dode* (осины). В каждой секции насчитывается по нескольку видов, форм, спонтанных и искусственных гибридов. На базе ВГЛТА и ЦНИИЛГиС (г. Воронеж) созданы коллекции различных видов, клонов и гибридов осин и белых тополей: популетум (автор – проф. А.П. Царев), тремулетум (автор – с.н.с. В.П. Петрухнов), коллекции новых гибридов белых тополей и осин (авторы – проф. М.М. Вересин, проф. А.П. Царев и с.н.с. В.П. Петрухнов). Некоторые из наиболее перспективных видов и гибридов, отобранных и изученных в данном регионе, приведены на рис. 1.

Краткая характеристика перечисленных опытных объектов может быть представлена в следующем виде.

Популетум – заложен весной 1974 г. в Семилукском питомнике Воронежской области в соответствии с методикой полевого опыта. Посадка проведена стеблевыми черенками различных сортов и клонов тополей. В эксперимент введено 84 представителя бальзамических, черных и белых тополей.

Площадь участка 4,5 га. Почва – типичный чернозем, уровень грунтовых вод 4–5 м, размещение растений 5×4 м. Эксперимент осуществлен в 4 повторностях. Размещение делянок в повторениях рандомизировано. Число рамет (растений одного клона) на делянке – 6. Каждый клон и сорт представлен 24 растениями на площади 480 м^2 (20 м^2×6 рамет×4 повторности). В числе других в популетуме было высажено 11 клонов белых тополей и осин, отселектированных в различных НИИ бывшего СССР (УкрНИИЛХА, СредАзНИЛХ, ВНИИЛМ, АЛОС, ВГЛТА и др.). Многолетние испытания показали, что после первой суровой зимы белые тополя южной и западной селекции выпали из насаждений и в первую очередь – белые пирамидальные тополя (клоны № 123, 137, 144, 145), а затем и два клона с раскидистой формой кроны (№ 142 и 150). В настоящее время в популетуме сохранились только 5 клонов белых тополей. В качестве контроля были использованы средние показатели по группам испытуемых тополей определенных секций. Такой же подход (использование в качестве контроля среднего значения компонентов теста) был узаконен в 2000 г. и в директивах Совета Европейского Союза.

Наблюдения проводились в первые 16 лет с участием сотрудников Центрального НИИ лесной генетики и селекции ежегодно, а затем периодически авторами публикации. В течение всех лет наблюдений путем сплошного перечета изучалась сохранность растений, динамика роста по высоте и диаметру на высоте 1,3 м. Объемы стволов определялись по объемным таблицам для тополя. Запас на площади определялся суммированием фактических объемов сохранившихся деревьев клона на каждой делянке у каждого повторения и перевода полученной величины запаса на площади четырех делянок в 480 м^2 на площадь в 1 га. То есть использовалась следующая формула

$$W = W' \cdot 10000 / 480, \qquad (1)$$

где W – расчетный запас стволовой древесины, м^3/га;

W′ – фактический запас стволовой древесины на 4 делянках, полученный как сумма запасов на каждой делянке в 120 м^2, м^3;

480 – общая площадь всех четырех делянок, м^2;

10000 – площадь одного гектара, м^2.

На базе полученных показателей определялись текущий и средний приросты по высоте, диаметру, объему стволов и запасам стволовой древесины и их динамика. При этом средние приросты определялись как частное от деления значения признака в данном возрасте на число лет возраста, а текущие приросты как разница между значением признака в текущем и предшествовавшем годах. Ввиду большой вариабельности ростовых показателей в разные годы, текущие прирос-

Таблица 1

Краткая таксационная характеристика белых тополей, сохранившихся в Семилукском популетуме (возраст 35 лет)

Наименование тополя	Инв. №	Сохранность, %	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м^3	Запас древесины, м^3/га	Средний прирост древесины, м^3/га в год
Советский пирамидальный	X_1	29	35,7	39,7	1,684	244	7,0
Советский пирамидальный	125	25	29,1	31,3	0,851	106	3,0
Белый	143	58	34,8	49,7	2,573	746	21,3
Белый	X_7	58	29,1	40,4	1,423	413	11,8
Осина	X_2	79	27,5	30,2	0,743	293	8,4

Подрод белых тополей
Leuce Dode

Секция Albidae Dode
- *Populus alba* L.
- *Populus bolleana* Lauche
- другие

Секция Trepidae Dode
- *Populus tremula* L.
- *P. t. var. davidiana* (Dode) Schneid.
- *Populus tremuloides* Michx.

Гибриды секции белых тополей
- Советский пирамидальный (Яблоков)
- Болид (Царев)
- Ведуга (Царев)
- P. alba x P. bolleana -76-26.10 (Царев)
- другие

Гибриды секции осин
-P.tremula x P. tremula-44-08 (Петрухнов)
-P. tremula x P. tremula-48-09 (Петрухнов)
-P. tremuloides x P.tremula-14-07 (Петрухнов)
-P. davidiana x P.tremula-21-09 (Петрухнов)
- другие

Межсекционные гибриды
- P. alba x P. tremula (Вересин)
- P. alba x P. tremula – 78.Б.35 (Царев)
- P. tremula x P. alba (Вересин)
- P. davidiana x P. bolleana-06-24 (Петрухнов)
- P. tremula x P.canescens-47-08 (Петрухнов)
- Т.Яблокова x P.tremula-38-06 (Петрухнов)
- другие

Рис. 1. Систематическое положение некоторых видов и гибридов белых тополей, изученных в Центральном Черноземье (в скобках указаны авторы созданных гибридов)

ты усреднялись по 5-летним периодам, показатели динамики других показателей также приурочены к концу этих 5-летних периодов.

По динамике приростов устанавливался возраст количественной спелости по запасу стволовой древесины. Для обработки данных использовались стандартные математические методы.

Тремулетум – заложен в 1973 г. в тех же условиях, что и популетум, с размещением растений 5 × 5 м. В нем собрано 24 клона осины, отобранных как в Воронежской области (клоны № 7, 8, 9, 11, 16, 17), так и интродуцированных из других областей ЦЧР и регионов бывшего СССР: Белгородской (клоны № 14, 15), Курской (№ 13), Костромской (№ 10) областей, Украины (клоны № 33, 34), Латвии (клоны № 18–28). Кроме того, в тремулетум была введена и осина американская (клон № 29).

Коллекции гибридов белых тополей и осин – создавались в разных местах. Гибриды М. М. Вересина были высажены на темно-сером суглинке водораздельного склона реки Воронеж вблизи Воронежской лесотехнической

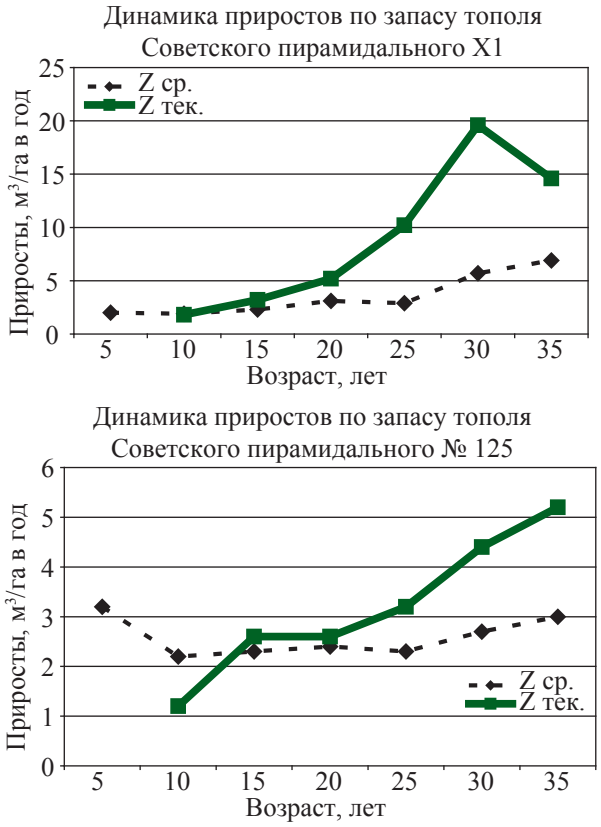


Рис. 2. Динамика приростов по запасу белых тополей с пирамидальной кроной

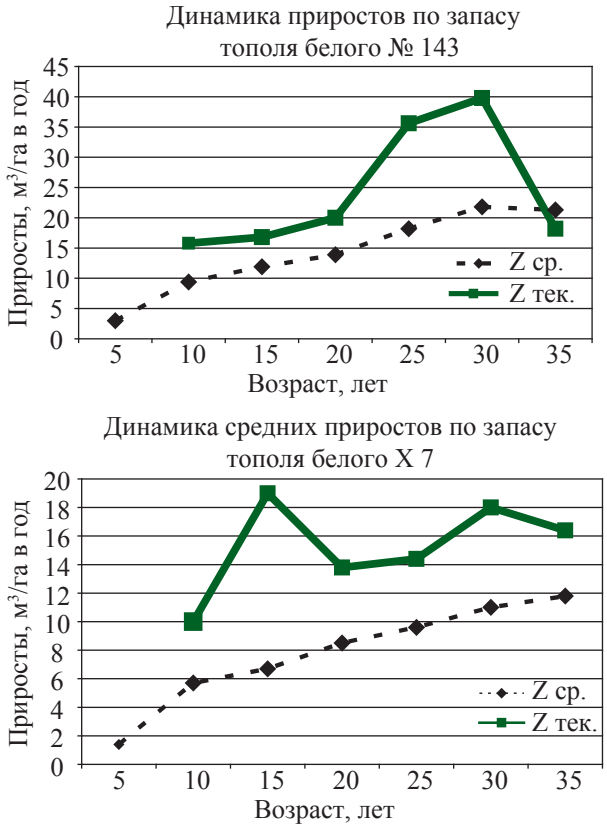


Рис. 3. Динамика приростов по запасу белых тополей с раскидистой кроной

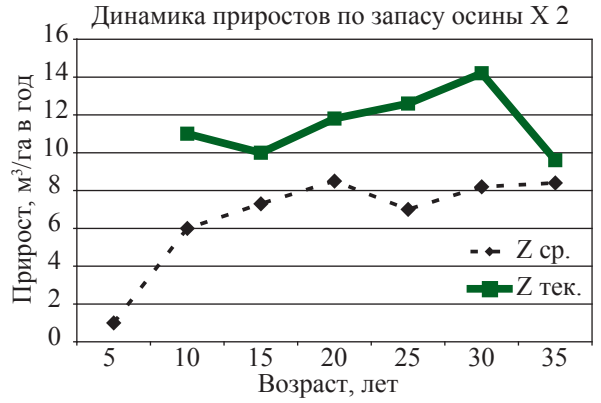


Рис. 4. Динамика приростов по запасу осины, отобранной в Учебно-опытном лесхозе ВГЛТА

академии. Гибриды А.П. Царева и В.П. Петрухнова испытываются на деградированных черноземах в Семилукском питомнике Воронежской области. Возрасты, в которых были проведены измерения исследованных особей, указаны в соответствующих таблицах.

Результаты исследований и их обсуждение

Краткая характеристика роста и продуктивности белых тополей в **Семилукском популетуме** представлена в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, лучшие показатели по росту и продуктивности при средней сохранности (58 %) отмечены у местного т. белого (клон № 143), запас древесины которого в 35 лет составлял 746 м³/га, а средний прирост – 21,3 м³/га в год.

Осина, несмотря на более высокую сохранность (79 %), значительно уступала белым тополям по энергии роста (запас древесины 293 м³/га, а средний прирост 8.4 м³/га в год).

Несмотря на высокие показатели средних объемов стволов белых пирамидальных тополей (0,85–1,68 м³), низкая сохранность (25–29 %) не позволила им набрать большие запасы на единицу площади. Они колебались от 106 до 244 м³/га. Однако, учитывая их довольно высокую зимостойкость и декоративность, эти тополя могут использоваться в озеленительных насаждениях.

Динамика текущих и средних приростов по запасу белых тополей и осины, произрастающих в популетуме, представлена на рис. 2–4.

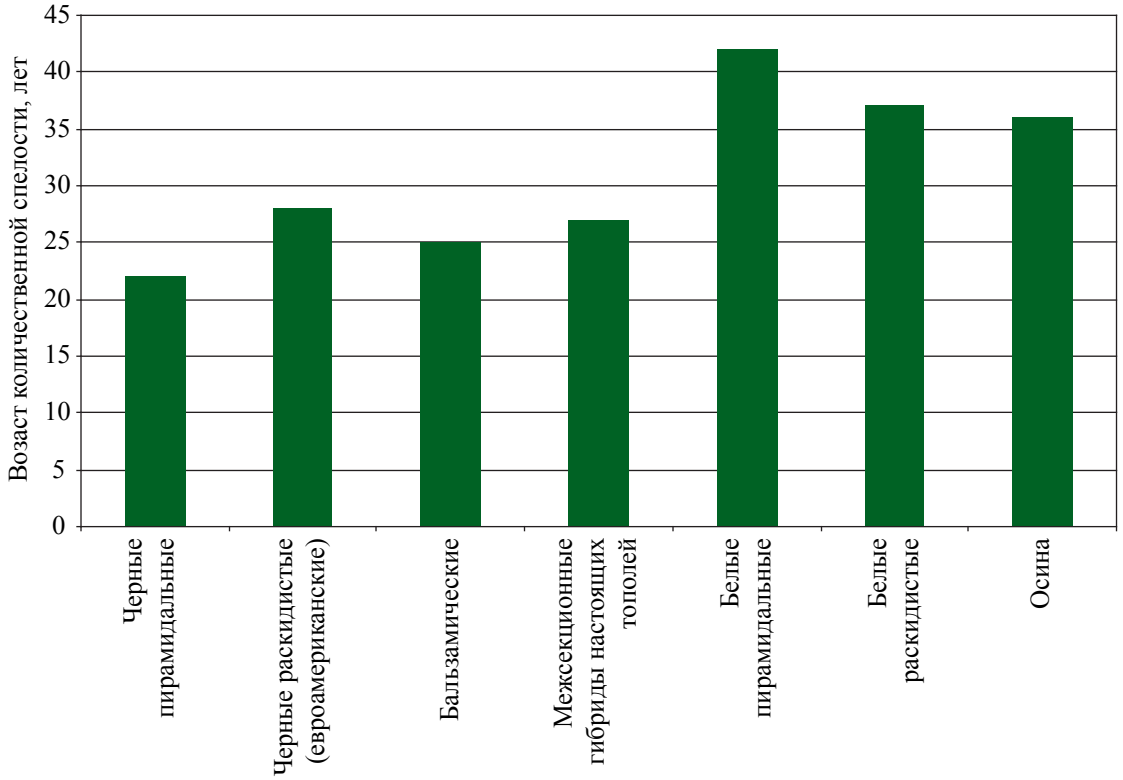


Рис. 5. Возраст количественной спелости у разных секций рода Тополь на Семилукском популетуме

Анализ полученной динамики средних и текущих приростов по запасу показывает следующее:

– белые пирамидальные тополя к 35 годам еще не достигли возраста количественной спелости (прогнозный показатель 40–45 лет);

– белые тополя с раскидистой кроной показали разную динамику. Так, более быстрорастущий тополь (№143) к 35 годам уже достиг возраста количественной спелости; в то время как у более медленно растущего тополя белого Х 7 текущий прирост еще заметно превышает средний;

– кривые средних и текущих приростов у осины в 35 лет приблизились друг к другу, но еще не пересеклись; следовательно, количественная спелость у осин наступит, вероятно, через год-два (к 36–37 годам).

Для сравнения возраста количественной спелости у разных секций рода Тополь были использованы данные настоящего исследования для белых тополей и ранее полученные этой же группой авторов данные для настоящих тополей [10]. Результаты показаны на рис. 5.

Как видно из данных рис. 5, возраст количественной спелости у настоящих тополей составил:

– у черных пирамидальных – 22 года,

– у черных с раскидистой кроной (евро-американских гибридов) – 28 лет,

– у бальзамических – 25 лет,

– у межсекционных гибридов настоящих тополей – 27 лет.

У белых тополей к 35 годам возраст количественной спелости наступил только у одного тополя белого с раскидистой кроной (№ 143). У остальных тополей она еще не наступила, и на диаграмме показаны только вероятные цифры.

В целом возрасты количественной спелости у белых тополей превышают те же показатели у настоящих тополей не менее чем в 1,5 раза.

Рост лучших клонов осины обыкновенной и американской в **тремулетуме** представлен на рис. 6. В качестве контроля использованы средние показатели из всех 24 клонов.

Представленные клоны имеют следующие обозначения:

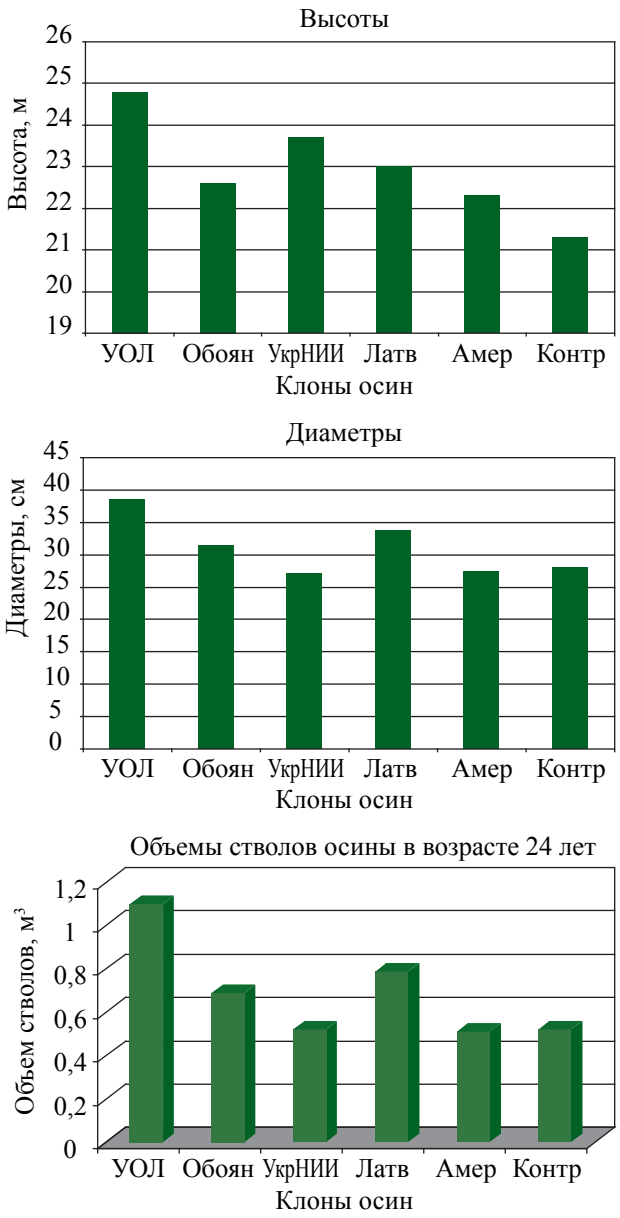


Рис. 6. Ростовые показатели разных клонов осины в Семилукском тремулетуме (возраст 24 года)

– УОЛ – клон №8, отобранный в Учебно-опытном лесхозе Воронежской государственной лесотехнической академии;

– Обоян – клон №13, привезенный из Обоянского лесхоза Курской области;

– УкрНИИ – клон №34, полученный из коллекции Украинского НИИ агролесомелиорации;

– Латв – клон №20, полученный из Латвийской ССР;

– Амер – клон №29 осины американской, происходящий из Канады.

Как видно из данных рис. 6, лучшими ростовыми показателями обладает местная осина. Затем в порядке убывания идут клоны из Латвии и Обоянского лесхоза Курской области. Клоны из УкрНИИЛХА и осины американской по объемам стволов практически от контроля не отличались.

Учитывая высокую декоративность пирамидальных тополей и их низкую зимостойкость, исследователями разных научных учреждений страны (А.В. Альбенский, А.С. Яблоков, С.П. Иванников, Г.П. Озолин, Н.А. Коновалов и др.) были предприняты **гибридизационные работы** по получению зимостойких декоративных и быстрорастущих форм белых тополей и осин.

Первые работы по гибридизации белых тополей и осин в Центральном Черноземье были проведены М. М. Вересиным. В дальнейшем ряд гибридов были созданы А. П. Царевым и В. П. Петрухновым. Регулярные и разовые наблюдения и замеры на созданных коллекциях нового генофонда, результаты которых сейчас обсуждаются, проводились авторами настоящей публикации. Результаты испытания новых гибридов представлены в табл. 2,3, 4.

Гибриды из семьи белый×осина (автор М. М. Вересин) в 21 год имели среднюю высоту 23,8 м, средний диаметр 26,4 см, объем ствола – 0,63 м^3, в то время как у контроля (полусибсы местной осины) эти показатели были существенно ниже (8,7 м; 9,6 см; 0,032 м^3 соответственно). В то же время средние показатели роста гибридов семьи белый×осина близки к показателям роста полусибсов тополя белого, а осина × белый – к полусибсам осины. То есть наследование энергии роста в данном случае происходит по материнской линии.

Гибриды из семьи белый×Болле (автор А. П. Царев) в 23 года имели среднюю высоту 19,8 м, средний диаметр 32,6 см, объем ствола – 0,718 м^3. Лучшие гибриды этой семьи в том же возрасте достигали по высоте 21,0 – 22,5 м, по диаметру 40 – 45 см, по объему ствола – более 1 м^3.

В коллекции гибридов осины (автор В. П. Петрухнов) испытывается потомство от 9-ти гибридных и 2-х полусибсовых семей (табл. 4). Наилучшие результаты роста гибридов в 17 лет отмечены в семье осина обоянская×тополь сереющий (высота 15,1 м; диаметр 20,1 см, объем

Таблица 2

Показатели роста гибридов белых тополей на аллейном участке № 3 Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА в возрасте 21 год (автор – М. М. Вересин)

Гибридные семьи	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м³	Средний прирост		
				по высоте, м	по диаметру, см	по объему ствола, м³
Белый×осина	23,8	26,4	0,629	1,13	1,3	0,030
Осина×белый	10,1	10,9	0,049	0,49	0,5	0,002
Белый (полусибсы)	22,2	28,4	0,683	1,06	1,4	0,033
Осина (контроль)	8,7	9,6	0,032	0,41	0,4	0,001

Таблица 3

Показатели роста гибридов белых тополей в возрасте 23-х лет из семьи № 76.Б.31 (Белый×Болле), произрастающих на Семилукской коллекции № 1 (автор – А. П. Царев)

	№ гибрида	Высота, м	Диаметр, см	Объем ствола, м³	Средний прирост		
					по высоте, м	по диаметру, см	по объему ствола, м³
Среднее по семье		19,8	32,6	0,718	0,86	1,42	0,031
Лучшие гибриды	26 – 07	22,5	45,3	0,846	0,98	1,97	0,037
	26 – 09	19,9	43,1	1,178	0,86	1,87	0,051
	26 – 10	20,3	42,7	1,162	0,88	1,86	0,050
	26 – 11	19,8	40,4	1,025	0,86	1,76	0,045
	27 – 10	21,0	26,8	0,472	0,91	1,17	0,021

Таблица 4

Средние показатели роста гибридных семей (верхняя строка) и лучших гибридов (нижняя строка) белых тополей и осины на Семилукской коллекции в возрасте 17 лет (автор – В. П. Петрухнов)

Гибридные семьи	Кол-во растений, шт.	Высота, м	Диаметр, см	Объем стволам³	Ранг по объему ствола	Отобрано лучших гибридов	
						Шт.	%
Ос.X_1×Ос. УОЛ ВГЛТА*) Гибрид № 48-09	151	13,8 18,3	15,5 27,0	0,126 0,438	4	25	16,6
Ос.X_2×Ос.УОЛ ВГЛТА Гибрид № 44-08	52	15,1 18,0	18,1 25,5	0,172 0,381	2	24	46,2
Ос.Давида×Ос.УОЛ ВГЛТА Гибрид № 21-09	94	14,0 16,2	15,8 22,6	0,121 0,280	5	20	21,3
Ос.Давида×Болле Гибрид № 06-24	85	12,2 14,7	14,2 20,1	0,092 0,211	8	2	2,4
Ос.американская×Болле Гибрид № 07-25	25	13,8 14,9	15,6 25,1	0,121 0,329	6	9	36,0
Ос.американск. ×Ос.УОЛ ВГЛТА Гибрид № 14-07	122	14,6 17,2	16,8 25,5	0,145 0,376	3	42	34,4
Ос. обоянская×т. сереющий Гибрид № 47-08	28	15,1 18,1	20,1 30,5	0,214 0,556	1	15	53,6
Т. сереющий×Ос.УОЛ ВГЛТА Гибрид № 23-16	114	11,7 16,8	12,9 24,5	0,069 0,342	11	11	9,6
Т.Яблокова×Ос.УОЛ ВГЛТА Гибрид № 38-06	51	12,1 15,6	13,5 24,2	0,071 0,315	10	5	9,8
полусибсы ос. ВГЛТА(контроль) Гибрид № 36-11	109	12,1 15,2	13,3 23,2	0,076 0,280	9	4	3,7
Итого и среднее по участку	831	13,3	15,1	0,110	7	158	18,1

*) Ос. УОЛ ВГЛТА = осина, отобранная в Учебно-опытном лесхозе Воронежской государственной лесотехнической академии.

ствола 0,214 м^3, ранг 1). Лучший гибрид из этой семьи имел высоту 18,1 м; диаметр 30,5 см; объем ствола 0,556 м^3.

На втором месте была семья гибридов, полученных при скрещивании местных осин (осина X_2×осина ВГЛТА) со средней высотой 15,1 м; диаметром 18,1 см; объемом ствола 0,172 м^3 (ранг 2). Немного им уступает потомство семьи осина американская×осина ВГЛТА (14,6 м; 16,8 см; 0,145 м^3 соответственно, ранг 3). Следующие 5 семей по показателям роста (ранги 4, 5, 6, 8) также превышали контроль. Показатели роста контроля (полусибсы осины ВГЛТА) были следующие: 12,1 м; 13,3 см; 0,076 м^3 (ранг 9). Ниже контроля были гибриды из семей тополь Яблокова×осина ВГЛТА и тополь сереющий×осина ВГЛТА (ранги 10, 11).

На коллекции гибридов осины к возрасту 17 лет сохранилось 831 гибрид. Лучшие гибриды на коллекции в этом возрасте достигали в высоту 17 – 18 м и в диаметре 25 – 30 см. Объем ствола при этом составлял 0,33 – 0,56 м^3, в то время как у контроля этот показатель был равен 0,08 м^3, а в среднем по участку – 0,11 м^3, т.е. в 3 – 5 раз ниже.

Выводы

Многолетние испытания показали, что местные клоны тополя белого и осины имеют лучшие показатели роста, чем интродуценты.

В то же время продуктивность белых тополей значительно выше продуктивности осин.

Анализ текущего и среднего приростов по запасу у 35-летних тополей показал, что количественная спелость наступила только у самого быстрорастущего тополя белого №143, осина достигнет количественной спелости через год-два, у остальных белых тополей текущий прирост еще превышает средний.

Сравнение показателей возраста количественной спелости у белых и настоящих тополей показывает, что в аналогичных условиях настоящие тополя достигают этого возраста примерно в 1,5 раза быстрее (в 22–28 лет).

Гибриды от различных комбинаций скрещиваний белых тополей и осин варьируют по росту, прямизне ствола и декоративности, что позволяет отобрать наиболее быстрорастущие деревья с высокой зимостойкостью и лучшей прямизной ствола, которые могут использоваться как для создания промышленных, полезащитных и озеленительных насаждений, так и в качестве исходного материала для дальнейшей селекции.

Библиографический список

1. Вересин, М.М. К итогам сортоиспытания тополей в Воронежской области / М.М. Вересин, А.П. Царев // Генетика, селекция и интродукция лесных пород. – Воронеж: ВНИИЛМ, 1974. С. 31–42.
2. Вересин, М.М. Высокоценные насаждения тополей и древовидной ивы в Хоперском заповеднике / М.М. Вересин, А.П. Царев, А.И. Сиволапов // Природные ресурсы Воронежской области и их охрана. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1974. – С. 65–67.
3. Петрухнов, В. П. Рекомендации по выращиванию белых тополей в ЦЧО / В.П. Петрухнов. – Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1991. – 33 с.
4. Сиволапов, А.И. Тополь сереющий: генетика, селекция, размножение / А.И. Сиволапов. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 157 с.
5. Царев, А.П. Селекция осины в Воронежской области / А.П. Царев // Лесная генетика, селекция и семеноводство. – Петрозаводск: Карелия, 1970. – С. 346–352.
6. Царев, А.П. Сортоведение тополя / А.П. Царев. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1985. – 152 с.
7. Царев, А.П. Уникальный природный генофонд лесных древесных пород Хоперского государственного заповедника / А.П. Царев, В.И. Бирюков, Р.П. Царева // Состояние особо охраняемых природных территорий европейской части России: Сборник научных статей, посвященных 70-летию Хоперского заповедника (пос. Варварино, Воронежская область, 20–23 сентября 2005 г.). – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 2005. – С. 284–291.
8. Царев, А.П. Селекция и репродукция лесных древесных пород (учебник для вузов) / А.П. Царев, С.П. Погиба, В.В. Тренин. – М.: Изд-во ЛОГОС, 2001. – Вып. 1. – 520 с.
9. Царева, Р.П. Селекция осины / Р.П. Царева // Селекция и репродукция лесных древесных пород (учебник для вузов). – М.: Изд-во ЛОГОС, 2001. – Вып. 1. – С. 334–351.
10. Царев, А.П. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата / А.П. Царев, Р.П. Царева, В.А. Царев // Информационный вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 2. – С. 659–668.

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОГО ДНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К ТОКСИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ЦИНКА

Ю.В. ИВАНОВ, *н. с. Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, канд. биол. наук,*
Ю.В. САВОЧКИН, *мл. н. с. Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН*

ivanovinfo@mail.ru; savochkinmail@mail.ru

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), благодаря способности существовать в самых разнообразных экологических условиях от крайнего севера (в условиях полярного дня) до субтропиков (в условиях короткого дня юга), имеет обширный ареал на материке Евразия: от 70° до 37° с.ш. и от 7° з.д. до 126° в.д. На севере граница ареала сосны достигает предела распространения древесных пород, поднимаясь выше Северного полярного круга (66°33′39″) на 3…4° (северо-западное побережье Норвегии (Порсангер-Фьорд, 70°20′ с.ш.)). Южная граница ареала достигает предельного распространения в Сьерра-Неваде (37° с.ш.), однако южную границу сплошного распространения принято выделять по границе лесостепной и степной зон [5].

Особенности ареала сосны свидетельствуют о том, что она должна проявлять сильно выраженную географическую изменчивость, обусловленную резко различающейся в широтном направлении продолжительностью светового дня и температурным режимом. На Земле наблюдаются регулярные периодические смены радиации, следовательно, все живые существа в ритме день–ночь, а также в годовом ритме подвержены периодическим изменениям освещенности и температуры. Амплитуда этой ритмичности зависит от географической широты. В течение лета в экваториальной области дни наиболее короткие. С увеличением географической широты они становятся длиннее, вплоть до временного круглосуточного светового дня в полярных областях. Одновременно вследствие изменения температурных условий сокращается и вегетационный период растений. У южных границ ареала (37° с.ш.) вегетационный период протекает при средней продолжительности светового дня, не превышающей 15 ч, а у северных (70° с.ш.) – в условиях полярного дня продолжительностью с третьей декады мая по август.

По свидетельствам Л.Ф. Правдина, в северных широтах и горах хвоя сосны короче, чем в южных широтах и низменностях. Средняя длина хвои в пунктах, удаленных друг от друга на расстояние 13° по широте, различается между собой в полтора раза. При этом средняя длина хвои сосны на 66° с.ш. является минимальной для сосны на 53° с.ш. [5]. Безусловно, определяющим фактором развития растений на данных широтах является температурный режим почв и воздуха, а влияние фотопериода менее выражено.

От экватора до умеренных широт развитие деревьев характеризуется отличительными периодами покоя, распускания почек, быстрого роста побегов и синхронного цветения, являющегося необходимым условием эффективного перекрестного опыления. Эти периоды хорошо приспособлены к сезонности окружающей среды. Например, со снижением широты распускание почек и цветение деревьев умеренного климата, индуцируемое возрастающими весенними температурами, начинается намного раньше. Между 43° и 46° с.ш. (около северных границ ареалов) большинство северо-американских широколиственных деревьев покрывается листвой в мае. В субтропических широтах такие виды, как клен красный (*Acer rubrum* L.), каркас (*Celtis sp.* L.), бук крупнолистный (*Fagus grandifolia* Ehrh.), черемуха поздняя (*Prunus serotina* Ehrh.), дуб (*Quercus sp.* L.) и другие, покрываются листвой в феврале, совпадая с симпатрическими вечнозелеными тропическими видами, которые меняют листву ежегодно [8]. Эти примеры доказывают, что время распускания почек, детерминированное генетически, варьирует между экотипами одного и того же вида и контролируется различными сигналами окружающей среды.

Многочисленные фенологические исследования представителей древесной флоры

умеренного пояса показали, что распускание почек индуцируется увеличением весенних температур. И только формирование спящих почек и состояние зимнего покоя находятся под контролем фотопериода. Определяющая роль фотопериода в индуцировании распускания почек и цветения многих тропических деревьев не была известна вплоть до начала XXI в. [8]. Установлено, что синхронное распускание почек, наблюдающееся около дня весеннего равноденствия и несколькими неделями ранее начала периода дождей, индуцируется увеличением продолжительности светового дня лишь на 30 или чуть менее минут. Для растений короткого дня ксерофитных лесов распускание листвы весной в субтропиках начинается приблизительно на 1 месяц ранее, чем в более низких широтах. Это означает, что критическая продолжительность светового дня для индукции распускания почек варьирует от 11,5–12,5 ч в субтропиках и составляет около 12 ч в низких широтах [13]. Кроме сигнальной роли, свет является для растений важнейшим экологическим фактором ассимиляции. Если освещенность перерастает компенсационный момент, ассимиляция быстро растет. При увеличении продолжительности дня рост многих пород усиливается. При этом часто действует не столько длительность освещения, сколько длительность темноты. Например, у сосны обыкновенной интенсивный рост наблюдается в темноте, превышая рост на свету на 30 % [3].

Предположение о том, что у вида с большим ареалом можно обнаружить различно реагирующие типы, получило подтверждение в работах Nitsth, 1957 г. [3]. В результате сосна обыкновенная была отнесена к растениям, у которых короткий день вызывает наступление покоя, а длинный способствует периодическому росту. Критическая длина дня для сосны была установлена в диапазоне 12–13 ч. При более продолжительном дне она характеризовалась многократной периодичностью активации роста [3].

Таким образом, при разной продолжительности светового периода в идентичных условиях температурного режима следует ожидать проявления довольно существенных различий в развитии сосны и ее устойчивости к воздействию негативных факторов среды. Учитывая, что в последние десятилетия среди негативных воздействий на фитоценозы возрастает доля участия тяжелых металлов, они были выбраны нами для моделирования стрессовых условий. Тяжелые металлы составляют особую группу загрязнителей, которые не подвержены биодеструкции и аккумулируются в почвах, достигая токсических для растений концентраций. Одним из основных (по масштабам эмиссии в окружающую среду) и опасных загрязнителей биоценозов является цинк. Его токсичность обусловлена высоким сродством к функциональным группам биологических молекул и участием в составе всех классов ферментов (оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы). Для текущего исследования выбраны концентрации цинка (в виде $ZnSO_4$) – 1,26 (контроль) и 100 мкМ. Проявление токсического действия цинка изучалось при двух контрастных по продолжительности световых периодах 12 (продолжительность светового дня на экваторе) и 16 часов (средняя полоса России).

В экспериментах использованы семена сосны обыкновенной 1-го класса качества (по ГОСТ 14161-86 «Семена хвойных древесных пород. Посевные качества»), полученные в Брянской лесосеменной станции ФГУ Рослесозащита в 2009 г.

Перед посевом семена подвергали поверхностной стерилизации в растворе 13 %-ой перекиси водорода (H_2O_2) в 96 %-ом этаноле (C_2H_5OH) в течение 10 мин. После удаления стерилизующего раствора десятикратным промыванием дистиллированной водой семена раскладывали на специально подготовленную подложку из перлита и проращивали в растворах, содержащих 1,26 (контроль) и 100 мкМ $ZnSO_4$. После развертывания семядолей всходы выращивали на модифицированной питательной среде Кнопа с микроэлементами по Хогленду с соответствующим содержанием $ZnSO_4$. Смену питательных растворов проводили раз в 7 дней. Опытные группы растений выращивали в камерах фитотрона со световыми периодами 12 и 16 ч соответственно, при мощности освещения 37,6 Вт/м^2 люминесцентных ламп Philips (F36W/54) и освещенности 25000 лк, обеспечи-

Таблица

Влияние продолжительности светового периода на линейные размеры сеянцев сосны обыкновенной

Орган	1,26 мкМ $ZnSO_4$								100 мкМ $ZnSO_4$							
	12 ч				16 ч				12 ч				16 ч			
	M_X	±	m_{Mx}	N	M_X	±	m_{Mx}	N	M_X	±	m_{Mx}	N	M_X	±	m_{Mx}	N
Корень, мм	75,24	±	7,49	39	107,94	±	3,31	114	38,18	±	2,93	76	98,40	±	3,90	105
Стволик, мм	28,83	±	1,02	39	30,28	±	0,48	114	28,75	±	0,57	76	31,44	±	0,38	104
Семядоли, мм	22,65	±	0,56	39	25,11	±	0,31	110	21,43	±	0,34	76	24,17	±	0,33	105
Хвоя, мм	19,19	±	1,20	39	24,92	±	0,44	113	17,57	±	0,76	76	22,20	±	0,32	104
Масса, мг	77,6	±	6,1	39	95,9	±	2,6	114	61,2	±	2,6	76	90,2	±	2,4	114
Кол-во хвои, шт.	12,9	±	0,7	30	20,5	±	0,8	30	10,7	±	0,5	30	19,5	±	0,9	30

вающей максимальную величину ассимиляции. Температура воздуха днем 23±1°С, ночью 15±1°С; относительная влажность воздуха – 55 и 70 % соответственно.

По достижении растениями возраста 6 недель (сформированы корневая система и первичная хвоя) их вынимали, подсушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали с точностью до 0,1 мг и сканировали с разрешением 800 dpi. В программной среде MapInfo Professional v. 9.5 с точностью до 0,1 мм определяли линейные размеры корней, стволиков, семядолей и хвои, а также подсчитывали количество сформировавшихся хвоинок. После сканирования растения фиксировали жидким азотом и хранили при -70°С для определения биохимическим маркеров степени окислительного стресса (активность супероксиддисмутазы (СОД), содержание пролина).

Сравнение контрольных групп растений, выращенных при световых периодах 12 и 16 ч, показало, что увеличение продолжительности светового дня на 4 ч привело к увеличению биомассы сеянцев на 23,6 % (таблица). У сеянцев, выращенных при 16 ч, наблюдалось более активное развитие ассимиляционного аппарата и корневой системы. Средняя длина семядолей сеянцев, выросших при 16-ч световом периоде, превышала 12-ч на 10,9 %, а средняя длина хвои – на 29,9 %. Подсчет образовавшейся хвои показал, что в условиях 16-ч светового периода ее количество увеличилось на 59,0 %, составив 20 хвоинок на сеянец, против 12-ч периода (13 хвоинок) (таблица). Увеличение степени развитости ассимиляционного аппарата сеянцев в условиях 16 ч, привело к более интенсивному развитию корневой системы. Прирост главного корня увеличился на 43,5 % по сравнению с 12-ч периодом.

Таким образом, увеличение продолжительности светового дня в 1,3 раза привело к более значительному увеличению линейных размеров корневой системы (в 1,43 раза) и развитости ассимиляционного аппарата (по количеству хвоинок – в 1,59 раз) и аналогичному увеличению линейных размеров хвои (1,3 раза).

Хроническое действие 100 мкМ $ZnSO_4$ в условиях 12-ч светового периода привело к заметному ингибированию роста сеянцев, выразившемуся в редуцировании линейных размеров органов и снижении темпов накопления биомассы (на 21,1 % по сравнению с соответствующим контролем). Значительный токсический эффект цинка проявился практически вдвое (на 49,3 % по сравнению с контролем). Наименьший эффект цинк оказал на прирост стволиков сеянцев. Редуцирование размеров составило лишь 0,3 %. Ингибирование роста ассимиляционного аппарата составило 5,4 % для семядолей и 8,4 % для хвои. Сеянцы, выращенные при 100 мкМ $ZnSO_4$ в условиях 12-ч светового периода, развили хвоинок на 17,0 % меньше по сравнению с соответствующим контролем (таблица).

Таким образом, редуцирование ассимиляционного аппарата, опосредованное токсическим действием цинка, и недостаточная продолжительность светового дня привели к резкому снижению интенсивности прироста корневой системы, в свою очередь повлекшее слабое развитие сеянцев.

В условиях 16-ч светового периода хроническое действие 100 мкМ $ZnSO_4$ привело к развитию несколько иных эффектов. Прежде всего, благодаря увеличившейся продолжительности дня развитие ассимиляционного аппарата значительно превосходило аналогичный опыт в условиях 12-ч светового периода (количество хвоинок увеличилось на 82 %), а ингибирование их образования при 100 мкМ $ZnSO_4$ по сравнению с соответствующим контролем составило лишь 4,9 % (таблица). Благодаря более интенсивному функционированию ассимиляционного аппарата недобор биомассы сеянцев составил лишь 5,9 %. При этом ингибирование роста в длину корневой системы составило лишь 8,8 %.

В данных условиях средняя длина хвои уменьшилась более заметно по сравнению с 12-ч световым периодом. Это снижение составило 10,9 % по отношению к соответствующему контролю (таблица). Линейный рост семядолей ингибировался в меньшей степени, всего лишь на 3,7 %. В то же время увеличение продолжительности светового дня вызвало незначительное увеличение длины стволиков сеянцев (на 3,8 %).

Таким образом, увеличение продолжительности светового периода, помимо заметного стимулирования роста сеянцев в контрольных условиях, привело к существенному увеличению устойчивости сеянцев к хроническому действию 100 мкМ $ZnSO_4$. Это проявлялось в менее выраженном ингибировании роста корневой системы и более интенсивном развитии ассимиляционного аппарата.

В связи с тем, что действие любого стрессора вызывает серьезный дисбаланс между образованием активных форм кислорода (АФК), скоростью их ликвидации и скоростью репарационных процессов, в сторону сверхпродукции АФК, развивается окислительный стресс [4]. Образование АФК происходит при неполном одноэлектронном восстановлении кислорода, в результате чего образуются свободные радикалы. Супероксидрадикал ($O_2^{\bullet-}$) является первичным продуктом восстановления. Он наиболее опасен для мембранных структур, имеет большое время жизни и становится источником других АФК [6]. Ферментом первой линии защиты клетки от супероксидрадикала является супероксиддисмутаза (СОД). Поэтому основные значимые изменения ферментативной активности в стрессовых условиях следовало искать именно в изменении активности СОД [1]. Нами определялась активность СОД в корнях, стволиках и хвое (в т.ч. семядоли) сеянцев.

В результате экспериментов установлено, что формирующиеся стволики сосны характеризуются самой высокой активностью СОД (по сравнению с корневой системой и хвоей) в условиях обоих световых периодов (рис. 1–3). Изменения активностей СОД в контрольных условиях и при действии 100 мкМ $ZnSO_4$ не носили четкой достоверной зависимости (рис. 2).

Сравнение активностей СОД в контрольных условиях при 12-ч и 16-ч световых периодах показало значительно более высокую активность СОД во всех органах сеянцев, выращенных при 12-ч длине светового периода. Несмотря на довольно значительную вариабельность признака, активность СОД в корнях сеянцев при 12-ч световом периоде превышала в 5,2 раза активность СОД в корнях сеянцев, выращенных при 16 ч (рис. 1). Для стволиков в аналогичных условиях характерно превышение активности СОД в 3,6 раза (рис. 2), а для хвои – в 1,8 раз (рис. 3).

Действие 100 мкМ $ZnSO_4$ в условиях 12-ч светового периода к значительным изменениям в активности СОД, по сравнению с соответствующим контролем, во всех исследованных органах не приводило. Отметим лишь незначительное падение активности СОД в хвое сеянцев.

Противоположная картина наблюдалась в активности СОД органов сеянцев, выращенных при 16-ч световом периоде. Как уже указывалось ранее, они обладали конститутивно меньшей активностью СОД по сравнению с 12-ч световым периодом. Хроническое действие 100 мкМ $ZnSO_4$ вызывало увеличение активности СОД в корнях (в 2,4 раза) и хвое сеянцев (в 1,2 раза) (рис. 1, 3). В стволиках сеянцев, напротив, происходило снижение активности СОД в 1,6 раза (рис. 2).

Регистрируемые изменения активностей СОД носили, на первый взгляд, про-

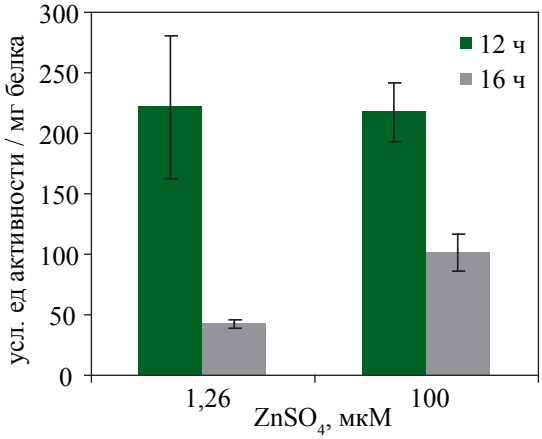


Рис. 1. Активность СОД в корнях сеянцев

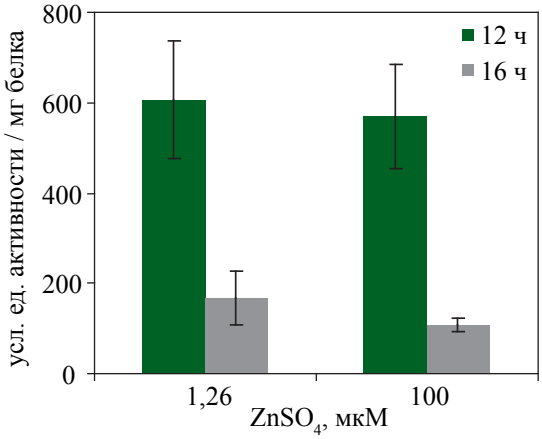


Рис. 2. Активность СОД в стволиках сеянцев

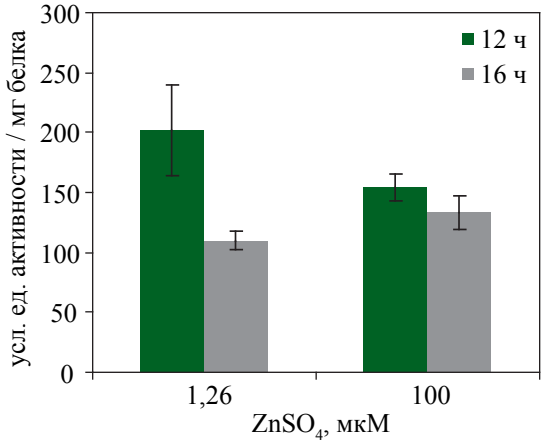


Рис. 3. Активность СОД в хвое сеянцев

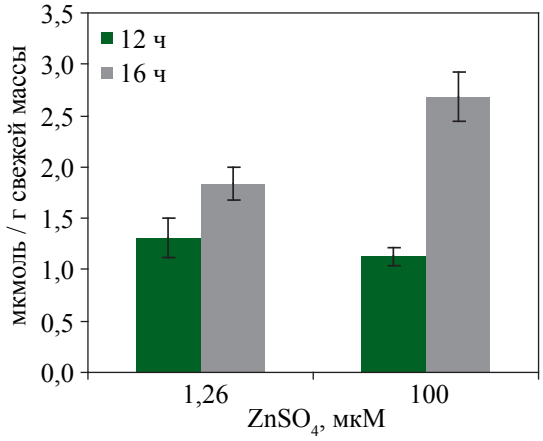


Рис. 4. Содержание пролина в хвое сеянцев

тиворечивый характер, поэтому для оценки стрессового состояния в хвое сеянцев было измерено содержание пролина – совместимого осмолита и универсального стресс-протектора. Проведенные исследования показали, что в контрольных условиях содержание пролина в условиях 16-ч светового периода превышало в 1,4 раза содержание пролина в хвое сеянцев, выращенных при 12 ч (рис. 4). Содержание пролина в условиях стресса (100 мкМ $ZnSO_4$) изменялось лишь при длине дня 16 ч (в 1,5 раза больше соответствующего контроля).

Таким образом, действие стрессора (цинка) приводило к активации антиоксидантной защитной системы сеянцев и увеличению содержания пролина лишь в условиях 16-ч светового периода. Подобная тенденция характеризует типичное функционирование защитных систем растений в условиях стресса [1]. С другой стороны, регистрируемые изменения в активностях СОД и содержании пролина в органах сеянцев, выращенных при 12-ч световом периоде, свидетельствуют об ином протекании физиологических процессов.

Наиболее достоверным объяснением регистрируемых наблюдений следует считать несоответствие 12-ч светового периода для роста и развития сеянцев сосны обыкновенной. Как описывалось выше, естественный ареал сосны не спускается к широтам, в которых длина светового дня составляет менее 15–14 ч. Таким образом, именно выращивание сеянцев в условиях 12-ч светового периода уже является для них стрессовым фактором, возможно, определяющим и темпы развития органов сеянцев.

В пользу этого положения свидетельствуют многочисленные эксперименты с различными видами растений. Установлено, что затенение приводит к уменьшению соотношения корни/надземная часть. Это связано

со снижением интенсивности фотосинтеза в результате недостаточной освещенности и замедлению скорости оттока ассимилятов из хвои в корни. В итоге прежде всего подавляется рост корневой системы, а затем надземной части [3]. Это подтверждено в опытах с сеянцами сосны Банкса (*Pinus banksiana* Lamb.), лжетсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), сосны смолистой (*Pinus resinosa* Sol. ex Aiton), сосны скрученной шероховатой (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm.) и звездчатки ланцентолистной (*Stellaria longipes* Goldie) [11, 12, 10].

В экспериментах с сосной ладанной (*Pinus taeda* L.) при 14-ч световом периоде установлено, что при высокой освещенности сеянцы имели меньшую устьичную проводимость и, таким образом, пониженную потерю воды и низкую интенсивность транспирации. В результате они оказались более устойчивыми к водному дефициту по сравнению с сеянцами, выращенными при низкой интенсивности освещения [14].

В опытах с сосной густоцветной (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), сходной по требовательности к свету с сосной обыкновенной, установлено, что после раскрытия верхушечной почки на развитие сеянцев большее влияние оказывает интенсивность света, чем влажность почвы. При 20 % и 8 % интенсивности света рост сосны сильно ингибировался. При максимальной интенсивности света в условиях 14-ч светового периода значительно стимулировался прирост сеянцев в высоту, увеличивалось количество хвои, диаметр корневой шейки, прирост главного корня и образование вторичных корней [7].

В экспериментах с сосной смолистой (*Pinus resinosa* Ait.) наблюдалось сильное ингибирование роста при снижении интенсивности света ниже 50–60 % от естественной. Гибель сеянцев значительно возрастала при снижении интенсивности света ниже 15 % [12].

С биохимической точки зрения фотосинтез (световая часть) – это вызванный поглощенным светом транспорт электронов, в результате которого образуются аденозинтрифосфат и восстанавливается НАДФ. В условиях слабой освещенности снижается степень сопряжения работы электрон-транспортной цепи фотосинтеза с фотофосфорилированием. Это ведет к снижению интенсивности фотосинтеза, росту доли неуглеводных соединений [2]. Активность ферментов, вовлеченных в ассимиляцию NH_4^+ (глутаминсинтаза и ферредоксин зависимая глутаматсинтаза), также регулируется светом [9]. В результате нарушается протекание темновой фазы фотосинтеза, что ведет к снижению темпов роста и накопления биомассы. С другой стороны, нарушение направленности окислительно-восстановительных реакций из-за дисбаланса метаболитов и нарушение функционирования цепей переноса электронов в мембранных структурах хлоропластов и митохондрий приводит к повышенному образованию супероксидрадикала [6].

В условиях низкой продолжительности светового дня (12 ч) сеянцы сосны обыкновенной характеризуются слабыми темпами роста, накопления биомассы и меньшей устойчивостью к хроническому действию цинка по сравнению с сеянцами, выращенными при 16-ч световом периоде. В условиях 12-ч дня у сеянцев сосны развиваются признаки сильного окислительного стресса, выражающиеся в повышенной активности СОД и нарушении функционирования защитных систем (СОД, пролин) в условиях хронического действия цинка. Сеянцы, выращенные в условиях 16-ч светового периода, характеризовались более высокими темпами развития, накопления биомассы и оказались более устойчивыми к токсическому действию цинка. На биохимическом уровне они характеризовались нормальным функционированием защитных систем (активность СОД, содержание пролина) и проявляли классическую картину активации защитных систем в условиях стресса.

Таким образом, увеличение продолжительности светового дня способствует росту и развитию сеянцев и повышает их устойчивость к действию неблагоприятных факторов среды.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 10-04-00799-а и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология».

Библиографический список

1. Иванов, Ю.В. Устойчивость всходов *Pinus sylvestris* и *Picea abies* к солевому стрессу / Ю.В. Иванов, А.В. Карташов. Ю.В. Савочкин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 3(72). – С. 119–123.
2. Кузнецов, В.В. Физиология растений: учебник, изд. 2-е, перераб. и доп. / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2006. – 742 с.
3. Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер; [пер. с нем. Н. В. Лобанова]. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 423 с.
4. Полеская, О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учеб. пособие / О.Г. Полесская; под. ред. И.П. Ермакова. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
5. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л.Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
6. Чиркова, Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие / Т.В. Чиркова. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. – 244 с.
7. Beon, Mu-Sup. Early seedlings growth of pine (*Pinus densiflora*) and oaks (*Quercus serrata, Q. mongolica, Q. variabilis*) in response to light intensity and soil moisture [Text] / Mu-Sup Beon, N. Bartsch // Plant ecology. – 2003. – №167. – P. 97–105.
8. Calle, Z. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics [Text] / Z. Calle, B. O. Schlumpberger, L. Piedrahita, A. Leftin, S. A. Hammer, A. Tye, R. Borchert // Trees. – 2010. – №24. – P. 865–877.
9. De la Rosa, T. M. Effects of far-red light on the growth, mycorrhizas and mineral nutrition of Scots pine seedlings [Text] / T. M. de la Rosa, P. J. Aphalo, T. Lehto // Plant and soil. – 1998. – №201. – P. 17–25.
10. Li, W. Effects of day length, light quality and ethylene on phytochrome b expression during stem elongation in *Stellaria longipes* [Text] / W. Li, Z. Song, R. J. N. Emery, C. C. Chinnappa // Plant growth regul. – 2010. – DOI: 10.1007/s10725-010-9529-y.
11. Noland, T. L. The dependence of root growth potential on light level, photosynthetic rate, and root starch content in jack pine seedlings [Text] / T. L. Noland, G. H. Mohammed, M. Scott // New forest. – 1996. – №13. – P. 105–119.
12. Parker, W. C. Photosynthetic acclimation of shade-grown red pine (*Pinus resinosa* Ait.) seedlings to a high light environment [Text] / W. C. Parker, G. Mohammed // New forest. – 2000. – №19. – P. 1–11.
13. Rivera, G. Increasing day-length induces spring flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain / G. Rivera, S. Elliott, L. S. Caldas, G. Nicolossi, V. T. R. Coradin, R. Borchert // Trees. – 2002. – №16. – P. 445–456.
14. Tolley, L. C. Effects of CO_2 enrichment and water stress on gas exchange of *Liquidambar styraciflua* and *Pinus taeda* seedlings grown under different irradiance levels [Text] / L. C. Tolley, B. R. Strain // Oecologia. – 1985. – №65. – P. 166–172.

ХРОНИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЦИНКА НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В СЕЯНЦАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Ю.В. ИВАНОВ, *с. н. с. Учреждения Российской академии наук Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, канд. биол. наук,*
Ю.В. САВОЧКИН, *асп,. младший н. с. Учреждения Российской Академии наук Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН,*
Вл.В. КУЗНЕЦОВ, *член-корреспондент РАН, директор Учреждения Российской академии наук Института физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, д-р биол. наук*

ivanovinfo@mail.ru; savochkinmail@mail.ru; vlkuzn@ippras.ru

Интенсивная хозяйственная деятельность человека, связанная с добычей и переработкой полезных ископаемых, производством различных групп химических соединений, сжиганием природного топлива и выбросами автотранспорта, сопровождается усилением воздействия различных негативных факторов на природные экосистемы. В последние десятилетия среди них возрастает доля участия тяжелых металлов. Они составляют особую группу загрязнителей, так как не подвержены биодеструкции и аккумулируются в почвах в токсических для растений концентрациях [1]. В результате снижается биологическая устойчивость фитоценозов, что ведет к их деградации и неизбежному снижению продуктивности. В связи с этим изучение особенностей миграции тяжелых металлов в биосфере и их влияния на растительные сообщества является актуальной задачей.

По масштабам эмиссии в окружающую среду цинк является одним из основных поллютантов. Он является эссенциальным элементом, и его токсичность (в высоких концентрациях) обусловлена высоким сродством с функциональными группами всех известных классов ферментов [10]. Сведения о действии цинка на древесно-кустарниковую растительность крайне малочисленны и представлены в основном экспериментами с лиственными видами [8, 11].

В связи с недостаточностью сведений о токсичности цинка для сеянцев сосны был испытан ряд концентраций: от 1,26 (контроль) до 1500 мкМ (1,26; 100; 250; 500; 800; 1100; 1500) $ZnSO_4$. В экспериментах использованы семена сосны 2009 г., полученные в Брянской лесосеменной станции ФГУ Рослесозащита. После предпосевной поверхностной стерилизации семена проращивали в камере фитотрона при 12-ч световом периоде в растворах с соответствующими концентрациями $ZnSO_4$. После развертывания семядолей сеянцы выращивали на модифицированной среде Кнопа с микроэлементами по Хогленду с аналогичным содержанием $ZnSO_4$. Смену растворов проводили раз в 7 дней. В возрасте 6 недель (сформированы корневая система и первичная хвоя) сеянцы фиксировали жидким азотом и хранили при -70°С до определения активностей СОД, каталазы, гваяколовых пероксидаз, аскорбатпероксидазы, пролиндигидрогеназы и содержания пролина методами, описанными в наших предыдущих работах [6, 7]. Данные показатели достоверно характеризуют степень стрессового состояния различных видов растений [2, 3, 6, 7].

Токсичность цинка проявлялась в значительном ингибировании развития корневой системы при всех исследованных концентрациях. Сопоставимой редукции размеров стволиков и ассимиляционного аппарата не происходило [1]. В связи с полным ингибированием роста корня концентрациями 1100 и 1500 мкМ они были исключены из экспериментов.

Известно, что действие любого стрессора вызывает дисбаланс между образованием активных форм кислорода (АФК) и скоростью их ликвидации в сторону сверхпродукции АФК, вследствие чего развивается окислительный стресс [5]. Деактивация АФК в растениях осуществляется антиоксидантной системой защиты, представленной широким спектром ферментов: супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, пероксидазы, аскорбатпероксидаза и др., а также низкомолекулярными веществами [3].

Сеянцы, выращенные в условиях хронического действия цинка, характеризовались пониженной активностью СОД в корнях (r = -0,93) и хвое (r = -0,86) (рис 1, 2). Конститутивный уровень активности СОД сопоставим в обоих органах, и изменение активности носило сходный характер. Снижение активности СОД сопровождалось ожидаемым падением активности каталазы в корнях сеянцев (r = -0,94), однако в хвое наблюдалось увеличение активности (r = 0,89) (таблица). Повышенные концентрации цинка приводили к снижению активности гваяколовых пероксидаз (свободная, ион-связанная и ковалентносвязанная) в корнях сеянцев (r = -0,95). В хвое при максимальных концентрациях (500 и 800 мкМ $ZnSO_4$) отмечено увеличение активности гваяколовых пероксидаз (r = 0,69). При тех же концентрациях в хвое сеянцев происходило резкое (в 6,6 раз) увеличение активности аскорбатпероксидазы (r = 0,96) (таблица).

Сеянцы, выращенные при концентрациях 100 и 250 мкМ $ZnSO_4$, характеризовались стабильным содержанием пролина в хвое. Действие более высоких концентраций (500 и 800 мкМ) цинка приводило к аккумуляции пролина в хвое в 2 и 2,7 раза соответственно (r = 0,97) (рис. 3). На фоне увеличения содержания пролина в хвое сеянцев при максимальных концентрациях цинка происходило снижение активности пролиндегидрогеназы, осуществляющей его катаболизм. Эта зависимость описывалась обратной линейной связью с коэффициентом корреляции r = -0,97 (рис. 4).

В ряде экспериментов по изучению токсического действия цинка на различные виды растений установлено, что повышение концентрации цинка в среде приводит к увеличению общей активности СОД [4, 12, 13]. В то же время при превышении концентрации 1000 мкМ цинка у растений *Sedum alfredii* отмечалось резкое снижение активности СОД в корнях [4].

Полученные нами данные свидетельствуют об ингибировании активности СОД

Таблица

Активность ключевых антиоксидантных ферментов в органах сеянцев сосны

Фермент	$ZnSO_4$, мкМ				
	1,26	100	250	500	800
Корни					
Каталаза, ммоль H_2O_2/(мг белка мин)	12,3±2,01	10,5±1,59	8,8±1,27	7,9±0,92	н/о
Активность гваяколовых ПО, ммоль гваякола/(мг белка мин)	2,43±0,532	1,98±0,185	1,83±0,604	1,46±0,255	н/о
Хвоя					
Каталаза, ммоль H_2O_2/(мг белка мин)	21,1±3,77	14,8±1,15	18,8±0,94	26,1±3,67	33,6±2,77
Активность гваяколовых ПО, ммоль гваякола/(мг белка мин)	0,20±0,048	0,18±0,016	0,17±0,028	0,23±0,034	0,22±0,047
Активность аскорбатпероксидазы, ммоль аскорбиновой кислоты/(мг белка мин)	0,22±0,019	0,26±0,026	0,27±0,023	0,78±0,017	1,42±0,071

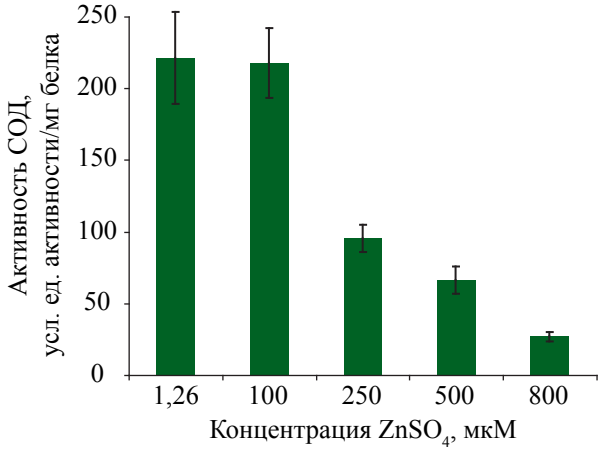


Рис. 1. Активность супероксиддисмутазы в корнях сеянцев *Pinus sylvestris* L. при действии $ZnSO_4$

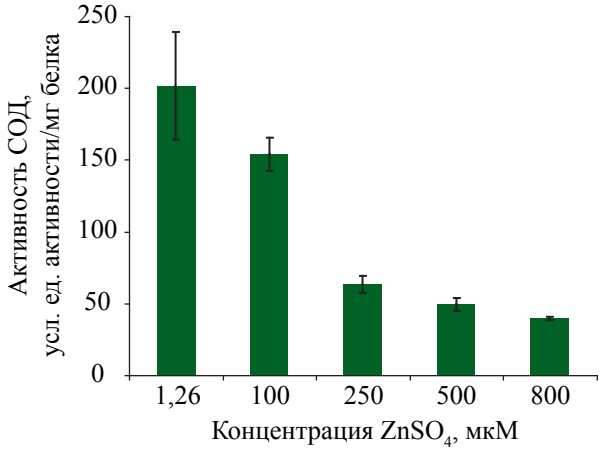


Рис. 2. Активность супероксиддисмутазы в хвое сеянцев *Pinus sylvestris* L. при действии $ZnSO_4$

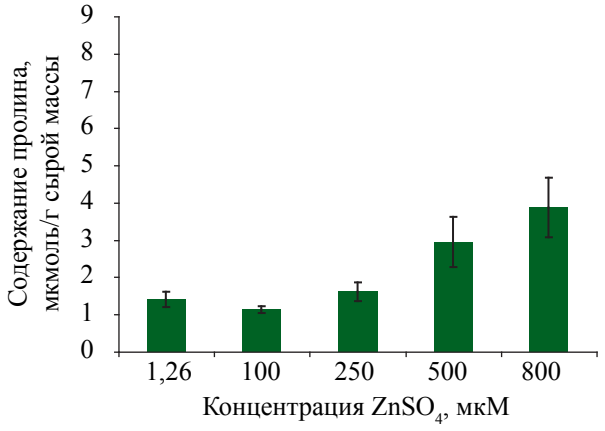


Рис. 3. Содержание пролина в хвое сеянцев *Pinus sylvestris* L. при действии $ZnSO_4$

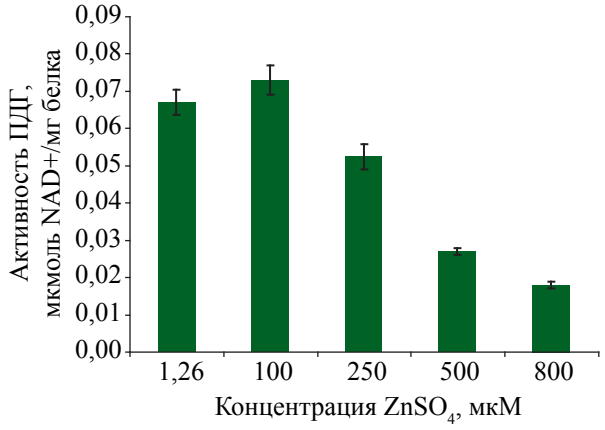


Рис. 4. Активность пролиндегидрогеназы в хвое сеянцев *Pinus sylvestris* L. при действии $ZnSO_4$

избыточными концентрациями цинка. Проявление данного эффекта происходит в хвое сеянцев при более низких концентрациях, чем в корнях (рис. 1, 2), и, по-видимому, связано с ингибированием Cu/Zn изоформ, вносящих наибольший вклад в общую активность СОД.

Снижение активности СОД в корнях сеянцев сосны сопровождалось падением интенсивности реакций дисмутации супероксид анион-радикала до перекиси водорода. Об этом свидетельствует снижение активностей ферментов, осуществляющих разрушение перекиси водорода: каталазы и гваяколовых

пероксидаз (таблица). Подобная динамика активности антиоксидантных ферментов характерна и для сахарного тростника [12].

Полученные нами данные свидетельствуют о существовании различий в органоспецифическом ответе сеянцев сосны на действие цинка. Это проявляется в динамике активностей ферментов, разрушающих перекись водорода. В отличие от корней, при максимальных концентрациях цинка в среде, в хвое сеянцев происходило увеличение активности каталазы, гваяколовых пероксидаз и аскорбатпероксидазы (таблица). Сходная динамика активности аскорбатпероксидазы отмечалось в экспериментах с гидриллой мутовчатой [13] и латуком (*Lactuca sativa* L.) [9].

Рост активности ферментов, разрушающих перекись водорода, на фоне падения активности СОД в хвое, свидетельствует об увеличении содержания H_2O_2, образующейся иным путем, чем в реакции дисмутации.

О развитии при высоких концентрациях цинка сильного окислительного стресса в хвое сеянцев свидетельствует аккумуляция пролина (рис. 3), который способен инактивировать АФК [3]. Необходимость в накоплении пролина в данных условиях подтверждается снижением активности пролиндегиродгеназы (рис. 4). Происходящее на фоне снижения активности СОД увеличение содержания пролина (r = -0,78) в хвое свидетельствует о реципрокном характере взаимодействий между ними.

Таким образом, впервые установлена высокая токсичность цинка для сеянцев сосны обыкновенной в условиях водной культуры. Показано ингибирование активности СОД высокими концентрациями цинка, развитие окислительного стресса и увеличение активности ферментов, разрушающих H_2O_2 в хвое сеянцев. Установлено наличие реципрокного характера отношений между активностью СОД и системами аккумуляции пролина в условиях хронического действия цинка.

Библиографический список

1. Иванов, Ю.В. Анализ ростовых процессов Pinus sylvestris L. на ранних стадиях онтогенеза в условиях хронического действия цинка / Ю.В. Иванов, Ю.В. Савочкин, С.И. Марченко и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 2. – С. 12–18.
2. Иванов, Ю.В. Устойчивость всходов Pinus sylvestris и Picea abies к солевому стрессу / Ю.В. Иванов, А.В. Карташов. Ю.В. Савочкин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – №3. – С. 119–122.
3. Карташов, А.В. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // А.В. Карташов, Н.Л. Радюкина, Ю.В. Иванов и др. // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 4. – С. 516–522.
4. Ли, Т.К. Антиоксидантная система в корнях двух контрастных экотипов Sedum alfredii при повышенных концентрациях цинка // Т.К. Ли, Л.Л. Лу, Е. Жу и др. // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 6. – С. 886–894.
5. Полесская, О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учеб. пособие / О.Г. Полесская; под. ред. И.П. Ермакова. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
6. Радюкина, Н.Л. Изучение индуцибельных и конститутивных механизмов устойчивости к солевому стрессу у гравилата городского // Н.Л. Радюкина, Ю.В. Иванов, А.В. Карташов и др. // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – №5. – С. 692–698.
7. Радюкина, Н.Л. Сравнительный анализ функционирования защитных систем у представителей галофитной и гликофитной флоры в условиях засоления / Н.Л. Радюкина, А.В. Карташов, Ю.В. Иванов и др. // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – №6. – С. 902–912.
8. Durand, T.C. Zinc and cadmium effects on growth and ion distribution in Populus tremula×Populus alba [Text] // T.C. Durand, J.F. Hausman, S. Carpin, P. Alberic, P. Baillif, P. Label and D. Morabito // Biologia Plantarum. – 2010. – Vol. 54(1). – P. 191–194.
9. Farshian, S. Effect of arbuscular mycorrhizal (G. etunicatum) fungus on antioxidant enzymes activity under zinc toxicity in lettuce plants // S. Farshian, J. Khara, P. Malekzadeh // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2007. – Vol. 10(11). – P. 1865–1869.
10. Hell, R. Cell biology of metals and nutrients [Text] // R. Hell, R.-R. Mendel // Springer. – 2010. – 285 p.
11. Hermle, S. Leaf responsiveness of Populus tremula and Salix viminalis to soil contaminated with heavy metals and acidic rainwater [Text] // S. Hermle, P. Vollenweider, M.S. Gunthardt-Goerg, C. Mcquattie and R. Matyssek // Tree Physiology. – 2007. – Vol. 27. – P. 1517–1531.
12. Jain, R. Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (Saccharum spp.) [Text] // R. Jain, S. Srivastava, S. Solomon, A.K. Shrivastava, A. Chandra // Acta Physiol. Plant. – 2010. – Vol. 32. – P. 979–986.
13. Srivastava, S. Evaluation of zinc accumulation potential of Hydrilla verticillata // S. Srivastava, S. Mishra, S. Dwivedi, R.D. Tripathi, P.K. Tandon and D.K. Gupta // Biologia Plantarum. – 2009. – Vol. 53 (4) – P. 789–792.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ ЕМКОСТЬ ПОЧВ

О.И. КЛЯЙН, *асп., м. н. с. Российской академии наук Институт биохимии им. А.Н. Баха,*
И.В. НИКОЛАЕВ, *асп., м. н. с. Российской академии наук Институт биохимии им. А.Н. Баха,*
Н.А. КУЛИКОВА, *с. н. с. Российской академии наук Институт биохимии им. А.Н. Баха, факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, д-р биол. наук,*
Е.В. СТЕПАНОВА, *с. н. с. Российской академии наук Институт биохимии им. А.Н. Баха, канд. биол. наук,*
О.В. КОРОЛЕВА, *проф. Российской академии наук Институт биохимии им. А.Н. Баха, д-р биол. наук*

klein_olga@list.ru

В настоящее время установлено, что свободные радикалы широко представлены не только в биологических объектах, но также и в различных природных средах, включая почвы, где они являются одним из основных факторов, влияющих на скорость процессов биодеградации [4]. Поэтому антиоксидантная емкость (АОЕ) почв, с одной стороны, определяет разложение полимеров животного и растительного происхождения до подвижных легкодоступных форм, а с другой – возможность накопления в почве устойчивых к разложению органических веществ – гуминовых соединений. По существующим представлениям почвенные антиоксиданты могут быть представлены, главным образом, танинами, низкомолекулярными фенольными соединениями и гуминовыми веществами, однако окончательного мнения по этому вопросу еще не сложилось. Кроме того, неясным остается вопрос о влиянии на антиоксидантную емкость почв внешних факторов, в частности, внесения минеральных и органических удобрений. Целью настоящего исследования была сравнительная оценка влияния различных удобрений на АОЕ почвы, а также поиску взаимосвязи АОЕ с другими почвенными показателями.

Эксперименты проводили в условиях пахотного чернозема (Краснодарский край). В опытные делянки в апреле в качестве основного удобрения вносили аммиачную селитру (N_{34}), Лигногумат (0,2 кг/га) и биопрепарат (150 мл/га). В качестве биопрепарата использовали культуральную жидкость гриба белой гнили *Trametes hirsuta* 075 (Wulf. Ex. Fr) Quel., являющегося продуцентом гуминоподобных веществ, которые, как уже говорилось выше, могут выступать в качестве природных антиоксидантов. В качестве возделываемой культуры использовали ячмень. Почвенные образцы для анализов АОЕ отбирали спустя 2 и 14 недель после внесения препаратов. Кроме того, анализ почвенных образцов проводили по показателям, которые, согласно существующим в литературе данным, могут быть взаимосвязаны с АОЕ почв: содержание фенольных веществ, полифенолоксидазная активность, пероксидазная активность и содержание органического углерода.

Экстракцию ферментов (полифенолоксидаза, пероксидаза) из почв осуществляли после тщательного отделения растительных остатков путем обработки 140 мМ натрий-фосфатным буфером (pH 7,10) в соотношении 1:10 (1 г почвы : 10 мл буфера). Для выделения ферментов получаемую суспензию непрерывно перемешивали на Rotamix (Elmi, Литва) со скоростью 90 об/мин в течение 24 ч при 25°С. Далее экстракты фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента». Полифенолоксидазную активность определяли спектрофотометрически при постоянной температуре 25°С с использованием в качестве субстрата сирингалдазина. Реакционная смесь содержала 2 мл 0,4 мМ сирингалдазина в 0,1 М ацетатном буфере (pH 4,50) и 100 мкл исследуемой пробы. Измерения проводили при длине волны 530 нм, кинетику окисления субстрата детектировали в течение 3 мин [5]. Для измерения пероксидазной активности в качестве субстрата использовали 2,2`азино-

Таблица

Влияние исследованных минеральных и органических удобрений

Время отбора, недели	Контроль	Аммиачная селитра	Лигногумат	Биопрепарат
	АОЕ, мкмоль ТЭ/г			
До обработки	3,81±0,03			
2	3,51±0,03	5,39±0,45	5,86±0,32	3,88±0,27
14	4,71±0,04	5,54±0,024	5,32±0,08	4,56±0,10
	ОСФ, мг ЭКГ/г			
До обработки	0,420±0,007			
2	0,427±0,07	0,615±0,016	0,818±0,013	0,473±0,007
14	0,554±0,002	0,671±0,010	0,578±0,003	0,533±0,003
	Содержание органического углерода, %			
До обработки	2,27±0,04			
2	2,0±0,1	2,91±0,05	2,06±0,04	2,14±0,07
14	2,23±0,04	2,37±0,07	2,52±0,03	2,24±0,04
	Полифенолоксидазная активность, МЕ×10^3			
До обработки	6,9±2,2			
2	9,1±1,0	9,1±1,0	12±2,5	11,2±3,4
14	4,2±0,4	0,6±0,003	2,1±0,6	6,4±0,1
	Пероксидазная активность, МЕ×10^3			
До обработки	2,1±0,1			
2	2,0±0,1	2,2±0,2	2,2±0,2	1,9±0,1
14	5,4±0,1	5,3±0,1	5,2±0,1	20,7±0,1

бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновая кислота) (АБТС) в концентрации 1,1 г/л АБТС в 0,1 М ацетатном буфере (pH 4,25). Реакционная смесь содержала 2 мл раствора субстрата и 50 мкл исследуемого образца, реакция инициировалась добавлением 5 мкл 3 %-ной перекиси водорода. Кинетику реакции детектировали в течение 3 мин по изменению оптической плотности при длине волны 436 нм. Ферментативную активность исследуемых образцов выражали в международных единицах активности (МЕ).

Экстракцию и определение фенольных соединений из почв проводили согласно методике [2]. Для экстракции фенольных компонентов навески почв массой около 3 г смешивались с 30 мл 1 М раствора гидроксида натрия и непрерывно перемешивались на Rotamix (Elmi, Литва) со скоростью 90 об/мин. Полученные экстракты центрифугировали на Centrifuge 5702R (Eppendorf, Германия) в течение 10 мин со скоростью 4400 об/мин. Надосадочную жидкость отделяли, нейтрализовали до pH 7,00 соляной кислотой, раствор доводили до конечного объема 100 мл и очищали с помощью мембранных фильтров с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный раствор использовали для последующего анализа общего содержания фенольных веществ и АОЕ. АОЕ определяли по отношению к катион-радикалу АБТС согласно [3] и выражали в эквивалентах тролокса (ТЭ). Общее содержание фенольных веществ (ОСФ) выражали в эквивалентах галловой кислоты (ЭГК). Измерения проводили на спектрофотометре Carry Bio 100 UV-VIS (США). Результаты выражали в пересчете на сухой вес почвы. Содержание органического углерода в почвах определяли по модифицированному методу Тюрина [1].

Проведенные эксперименты показали, что в процессе эксперимента в почве наблюдался рост АОЕ во всех исследованных вариантах (таблица). Так, через две недели после внесения исследуемых препаратов АОЕ составляла 102–154 % от начальных значений этого показателя. Исключение составил контрольный вариант, где было отмечено снижение АОЕ до 92 %. Наибольший рост этого показателя (с 3,81±0,03 до 5,86±0,32 мкмоль/ТЭ) был отмечен в варианте с внесением Лигногумата, что объясняется, по-видимому, высоким содержанием в нем фенолов. Действительно, ОСФ в этом варианте было максимальным и составляло 0,818±0,013 мг ЭКГ/г.

Динамика содержания фенольных соединений показывает, что содержащиеся в Лигногумате органические вещества являются доступными для разложения. Как видно из данных, представленных в таблице, после первоначального роста ОСФ через 14 недель после внесения этот показатель снижался до 0,578±0,003 мг ЭКГ/г. При этом во всех остальных вариантах, включая контрольный, наблюдали устойчивый рост ОСФ, что свидетельствует о росте микробиологической активности почвы в течение вегетационного периода. Косвенным показателем отмеченного роста микробиологической активности является увеличение пероксидазной активности почв, также зарегистрированное для всех вариантов, включая вариант с Лигногуматом. Таким образом, сложная динамика АОЕ и ОСФ, наблюдаемая в варианте с внесением Лигногумата, обусловлена, с одной стороны, поступлением и разложением фенольных соединений, а с другой – ростом микробиологической активности почвы. При этом следует отметить, что аммиачная селитра обладала более пролонгированным положительным эффектом на микробиологическую активность почвы, чем Лигногумат. Через 14 недель после внесения препаратов АОЕ и ОСФ в варианте с аммиачной селитрой было выше, чем в варианте с Лигногуматом, тогда как в начале эксперимента наблюдали обратную зависимость. Скорее всего, это связано с тем, что аммиачная селитра содержит азот как в форме нитратов, обладающих большой подвижностью и высокой доступностью, так и в форме аммония, который первоначально интенсивно сорбируется почвенным поглощающим комплексом, теряя при этом подвижность в почвенном растворе, но оставаясь доступным для растений и микроорганизмов.

Наибольшая микробиологическая активность была отмечена через 14 недель после начала эксперимента в варианте с внесением Биопрепарата, где пероксидазная активность достигала 20,7±0,1 МЕ×10^3, что составило 986 % от начальных значений этого показателя. Тем не менее, содержание фенольных соединений и АОЕ в этом варианте значимо не отличались от контрольных и были значительно меньше, чем в вариантах с внесением аммиачной селитры и Лигногумата (Таблица). Следует также отметить, что нами не было обнаружено взаимосвязи между АОЕ и другим показателем микробиологической деятельности – полифенолоксидазной активностью. Это свидетельствует о том, что микробиологическая активность почвы не является показателем, определяющим АОЕ.

Для установления зависимости между АОЕ и другими исследованными в работе почвенными показателями (содержание фенольных соединений, полифенолоксидазная и пероксидазная активность, содержание органического углерода) был проведен корреляционный анализ. Результаты показали, что единственная значимая ($p < 0,05$) прямая линейная взаимосвязь существует между АОЕ и содержанием фенольных соединений (рисунок). Это позволяет сделать вывод о непосредственном влиянии фенольных соединений на антиоксидантный свойства почв.

Особый интерес вызывает тот факт, что нами не было обнаружено взаимосвязи между АОЕ и содержанием органического углерода в почве. Это свидетельствует о том, что антиоксидантные свойства почв определяются не только количественным содержанием почвенного органического вещества, но также и его качественным составом.

Таким образом, проведенные исследования показали, что внесение как минеральных, так и органических удобрений приводит к значимому увеличению АОЕ почв. При этом использованное в работе минеральное удобрение (аммиачная селитра) обладает более пролонги-

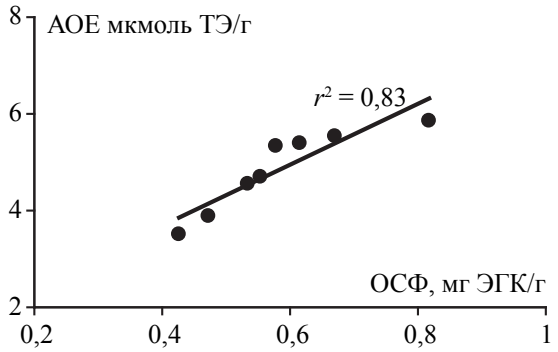


Рисунок. Корреляционное поле пары переменных антиоксидантная емкость (АОЕ) – общее содержание фенольных веществ (ОСФ)

рованным, по сравнению с органическим (Лигногумат), действием. На основании проведенного корреляционного анализа сделан вывод о непосредственном влиянии фенольных соединений на антиоксидантный свойства почв.

Работа подготовлена при финансовой поддержке ГК П211 в рамках целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы. РФФИ № 08-04-01612.

Библиографический список

1. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
2. Laird, D.A., Martens, D.A., Kingery, W.L. Nature of Clay-Humic Complexes in an Agricultural Soil: I. Chemical, Biochemical and Spectroscopic Analyses / D.A.Laird, D.A.Martens, W.L. Kingery // – Soil Sci. Soc. Am. J. – 2001 – V. 65 – pp.1413–1418.
3. Nikolaev I.V. Development and Validation of Antioxidant Capacity Assessment Protocol for Humic and Humic-Like Substances / Nikolaev I.V., Klein O.I., Kulikova N.A, Stepanova E.V., Koroleva O.V. // – Proceedings of 14-th Meeting of International Humic Substances Society – 2008 – pp. 441–444.
4. Rimmer, D.L. Free radicals, antioxidants, and soil organic matter recalcitrance / D.L. Rimmer // Eur. J. Soi Sci. – 2006 – V. 57 – pp. 91–94.
5. Solomon, E.J. Rev Multicopper oxidases and oxygenases / E.J. Solomon, U.M Sundaram., T.E.Machonkin // – Chem. – 1996 – V.96 – pp. 2563–2605.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ДОЛЯ ПЕРЕКРЕСТНОГО ОПЫЛЕНИЯ *PINUS CEMBRA* L. В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ И АВСТРИЙСКИХ АЛЬПАХ ПО АЛЛОЗИМНЫМ И МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ

Е.А. МУДРИК, *с. н. с. Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, канд. биол. наук,*
М.М. БЕЛОКОНЬ, *с. н. с. Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, канд. биол. наук,*
Ю.С. БЕЛОКОНЬ, *н. с. Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН,*
Е.В. ЖУЛИНА, *студ. РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева,*
Д.В. ПОЛИТОВ, *зав. лабораторией популяционной генетики Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, д-р биол. наук*

mudrik_len@mail.ru, belokon@vigg.ru, dmitri_p@inbox.ru

Для хвойных, как и многих других растений, традиционными молекулярно-генетическими маркерами изменчивости популяций являются аллозимные локусы. Вместе с тем ДНК-анализ высокополиморфных участков генома расширяет возможности популяционных исследований, особенно в отношении видов с низким генетическим разнообразием [11]. К таким маркерам относятся микросателлитные повторы, которые, в отличие от функционально нагруженных аллозимных локусов, находятся в некодирующей части генома и считаются селективно нейтральными. Как аллозимные, так и микросателлитные локусы локализованы в ядерном геноме и наследуются по кодоминантному типу, однако полиаллельные микросателлиты более изменчивы по сравнению с аллозимами: уровни гетерозиготности по ним, как правило, превышают значения 0,5 [7]. Некоторые сравнительные исследования с помощью аллозимных и микросателлитных локусов показали их равноценность [6] или преимущество последних [7, 8, 17] при анализе генетической изменчивости и системы скрещивания популяций. Однако данные, полученные с помощью высокополиморфных маркеров, следует интерпретировать с осторожностью, если они существенно отличаются от таковых по менее изменчивым [9].

Сосна кедровая европейская (*Pinus cembra L.*) – реликтовый вид субальпийского пояса Альп и Карпат с фрагментированным ареалом, малочисленными изолированными популяциями, особенно в карпатской части. Как следствие для *P. cembra* был отмечен более низкий уровень генетической изменчивости по сравнению с другими видами кед-

Таблица 1

Исследованные выборки *Pinus cembra*

Название выборки	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Количество		Регион	Локальность
			деревьев	семян		
Горганы	48° 30'с.ш. 24° 14' в.д.	1300 – 1500	27	198	Украинские Карпаты	г. Березовачка, урочище Джурджи, заповедник Горганы
Яйко	48°43'с.ш. 23 ° 53'в.д.	1375 – 1400	24	213	Украинские Карпаты	хр. Горганы, северный макросклон, г. Яйко Илемске
Гаджина	48° 06'с.ш. 24° 35' в.д.	1400	14	104	Украинские Карпаты	Черногорский макросклон, урочище Гаджина
Умхаузен	47° 05'с.ш. 10° 01'в.д.	1800 – 1980	25	200	Австрийские Альпы	Тироль, окрестности д. Умхаузен
Пааль	47° 02'с.ш. 14° 01'в.д.	1650 – 1900	30	240	Австрийские Альпы	Восточная Австрия, окрестности д. Пааль

ровых сосен [1, 3, 13]. Как и большинство хвойных, сосна кедровая европейская обладает смешанной системой скрещивания с преимущественным перекрестным опылением (ауткроссингом) и частичным самоопылением, оптимальное соотношение которых обеспечивает виду поддержание генетического разнообразия в череде поколений. По данным аллозимных локусов, P. cembra характеризуется наибольшей среди кедровых сосен долей самоопыления [3, 4, 13]. При этом выборки на границе распространения вида имеют более низкую степень ауткроссинга [4, 14], чем популяции из центральной части ареала [2, 10]. Возрастающая антропогенная нагрузка и глобальные климатические изменения приводят к сокращению ареала и плотности популяций *P. cembra*. Эти процессы способствуют обеднению генофонда данного вида, особенно на периферии ареала. Дальнейшее уменьшение размеров популяций может способствовать возрастанию уровня инбридинга *P. cembra* вследствие самоопыления и близкородственных скрещиваний, что, в свою очередь, отразится на снижении адаптивных возможностей популяций и вида в целом.

Целью настоящего исследования было проведение сравнительного анализа уровней генетической изменчивости и доли перекрестного опыления в популяциях сосны кедровой европейской в разных частях ареала (Украинские Карпаты и Австрийские Альпы) с помощью аллозимных и микросателлитных локусов, а также оценка эффективности применения этих маркеров для анализа генетического разнообразия и системы скрещивания *P. cembra.*

Материалы и методы

Растительный материал

Материалом для исследований послужили подеревные сборы семян от свободного опыления, собранные в трех природных популяциях *P. cembra* из Украинских Карпатах и двух – из Австрийских Альп. Обозначения, объем выборок и географические координаты мест сбора материала приведены в табл. 1. Наличие в семенах хвойных гаплоидной ткани эндосперма и диплоидной ткани зародыша позволяет одновременно анализировать генотипы как материнских растений, так и их семенного потомства. От каждого дерева анализировали от 6 до 14 (как правило восемь) семян.

Аллозимный анализ

В качестве аллозимных маркеров использовали изменчивые локусы, для которых идентификация аллелей и генотипов была наиболее надежна как в гаплоидных, так и в диплоидных тканях семени. Общими для анализа всех популяций *P. cembra* были пять локусов, контролирующих следующие ферментные системы: алкогольдегидрогеназа (*Adh-1*), формиатдегидрогеназа (*Fdh*), малатдегидрогеназа (*Mdh-2, Mdh-4*) и фосфоглюкомутаза (*Pgm-1*). Для альпийских выборок также использованы данные по локусу лейцинаминопептидазы (*Lap-3*), а для карпатских – глутаматдегидрогеназы (*Gdh*). Электрофорез изоферментов эндоспермов и зародышей семян проводили на

соседних дорожках 13 % крахмального геля по описанной ранее методике [1].

Микросателлитный анализ

Анализ уровней генетической изменчивости и доли перекрестного опыления сосны кедровой европейской по микросателлитным маркерам проводили с помощью полиморфных локусов *Pc1b, Pc18, Pc23*, разработанных для швейцарских популяций *P. cembra* [16]. Выделение ДНК из эндоспермов и зародышей семян осуществляли с помощью набора реагентов DIAtom™ DNA Prep100 (лаборатория Изоген); электрофорез ПЦР-продуктов проводили в 6 % полиакриламидном геле в трис-ЭДТА-боратной буферной системе; окрашивание гелей производили раствором бромистого этидия с последующей визуализацией продуктов амплификации в УФ-свете.

Статистическая обработка данных

Для расчетов использовали многолокусные матрицы генотипов материнских растений и зародышей семян. Генотипы материнских растений устанавливали по сегрегации аллелей среди эндоспермов каждого дерева. Для расчета параметров генетической изменчивости и уровней фактического инбридинга использовали надстройку для электронной таблицы MS Excel – GenAlex 6.41 [11]. Средние одно– (t_s) и многолокусные (t_m) оценки степени перекрестного опыления в выборках *P. cembra* проводили с помощью программы MLTR 3.0 [15]. Использовались опции неравенства частот в выборках зародышей и материнских деревьев и оценивание стандартной ошибки оценок перекрестного опыления. Ожидаемый уровень инбридинга рассчитывали по формуле $F_{IS\text{-}E} = (1\text{-}t)/(1+t)$ [5].

Результаты и обсуждение

Генетическая изменчивость в выборках взрослых деревьев P. cembra

По аллозимным локусам уровни генетической изменчивости в выборках взрослых деревьев карпатских и альпийских популяций были сопоставимы по средним значениям числа аллелей на локус, гетерозиготности и инбридинга (табл. 2). Как в центральной, так и в периферийной части ареала *P. cembra* среди взрослых деревьев отмечен небольшой избыток гетерозигот по аллозимным локусам (6 – 6,7 %), свойственный популяциям хвойных.

Как в карпатских, так и в альпийских популяциях *P. cembra* показатели генетической изменчивости взрослых деревьев, полученные с помощью микросателлитных локусов, были существенно выше, чем по аллозимным данным. Так, среднее число аллелей на локус (N_A) составило по микросателлитным и аллозимным локусам соответственно 5,9 и 2,4 в выборках *P. cembra* Украинских Карпат и 7,4 и 2,4 – Австрийских Альп (см. табл. 2). Средние уровни наблюдаемой (H_O = 0,587–0,685) и ожидаемой (H_E = 0,572–0,697) гетерозиготностей сосны кедровой европейской по микросателлитным локусам в 2–3 раза превышали значения этих показателей по аллозимам (H_O = 0,216–0,256; H_E = 0,203–0,237). Высокие значения микросателлитной гетерозиготности связаны с множественностью аллельных вариантов, обусловленных изменчивостью числа повторяющихся мотивов ДНК. Уровни гетерозиготности по микросателлитным локусам в карпатских и альпийских выборках сосны кедровой европейской также сравнимы с учетом статистической ошибки анализа, а среднее число аллелей на локус было немного больше в выборках деревьев из Австрийских Альп (N_A = 7,4) по сравнению с выборками из Украинских Карпат (N_A = 5,9).

Генетическая изменчивость в выборках зародышей семян P. cembra

Среднее число аллелей на локус в выборках зародышей семян карпатских и альпийских популяций *P. cembra* как по аллозимным (N_A = 2,7–2,8), так и по микросателлитным (N_A = 8,9–10,7) локусам было выше по сравнению с данными по этим маркерам в выборках взрослых деревьев (см. табл. 2). Это связано с вкладом отцовских аллелей в генотип зародыша при перекрестном опылении. По аллозимным локусам наблюдается снижение среднего уровня наблюдаемой гетерозиготности в выборках зародышей семян по сравнению с выборками взрослых деревьев, свойственное хвойным. Избыток гомозигот в популяциях хвойных, как правило, нивелируется к репродуктивной стадии растений балансирующим отбором в пользу гетерозигот [3, 12]. По мик-

Таблица 2

Генетическая изменчивость в выборках деревьев и зародышей их семян карпатских и альпийских популяций *Pinus cembra* по данным аллозимных и микросателлитных маркеров

Выборка	Аллозимы				Микросателлиты			
	N_A	H_O	H_E	F_{IS}	N_A	H_O	H_E	F_{IS}
Деревья								
Горганы	2,4	0,215	0,184	–0,112	7,0	0,689	0,757	0,098
Яйко	2,5	0,216	0,223	–0,020	7,0	0,795	0,759	–0,042
Гаджина	–	–	–	–	3,7	0,571	0,575	0,097
Среднее	**2,4±0,3**	**0,216±0,053**	**0,203±0,049**	**–0,060**	**5,9±0,9**	**0,685±0,080**	**0,697±0,063**	**0,051**
Умхаузен	2,0	0,159	0,188	0,037	6,7	0,600	0,573	–0,045
Пааль	2,8	0,353	0,287	–0,171	8,0	0,575	0,571	–0,026
Среднее	**2,4±0,2**	**0,256±0,063**	**0,237±0,050**	**–0,067**	**7,4±1,6**	**0,587±0,150**	**0,572±0,146**	**–0,035**
Зародыши семян								
Горганы	2,7	0,154	0,169	0,093	10,7	0,680	0,780	0,157
Яйко	2,7	0,179	0,235	0,229	9,4	0,528	0,754	0,306
Гаджина	–	–	–	–	6,7	0,538	0,593	0,172
Среднее	**2,7±0,4**	**0,167±0,044**	**0,202±0,052**	**0,167**	**8,9±1,4**	**0,582±0,085**	**0,709±0,068**	**0,212**
Умхаузен	2,4	0,172	0,181	0,025	9,0	0,536	0,576	0,080
Паль	3,4	0,248	0,265	0,080	12,4	0,451	0,530	0,120
Среднее	**2,8±0,2**	**0,210±0,049**	**0,223±0,050**	**0,053**	**10,7±2,5**	**0,494±0,142**	**0,553±0,156**	**0,100**

Примечание. N_A – среднее число аллелей на локус, H_O – наблюдаемая гетерозиготность, H_E – ожидаемая гетерозиготность, F_{IS} – коэффициент инбридинга.

росателлитным локусам также наблюдается тенденция понижения уровня наблюдаемой гетерозиготности в семенном потомстве, однако из-за значительных статистических ошибок средних оценок устойчивость этой тенденции пока под вопросом. Следствием избытка гомозигот в выборках зародышей *P. cembra* является возрастание уровней инбридинга в семенном потомстве изученных популяций. И хотя микросателлитные локусы демонстрируют более высокие значения коэффициента инбридинга, чем аллозимные, во фрагментированных периферийных популяциях *P. cembra* Украинских Карпат уровень инбридинга по обоим классам маркеров был выше (16,7 и 21,2 % по аллозимным и микросателлитным локусам соответственно), чем в центральных популяциях Австрийских Альп (5,3 и 10 % по аллозимным и микросателлитным локусам соответственно).

Доля перекрестного опыления в популяциях P. cembra

Одной из главных причин возрастания уровня инбридинга в популяциях перекрестноопыляемых видов, к которым относится сосна кедровая европейская, является опыление женских гаметофитов собственной пыльцой растения (самоопыление) и/или пыльцой близкорастущих родственных деревьев (семейная структура популяции). Анализ системы скрещивания в популяциях *P. cembra* по шести аллозимным локусам подтвердил, что более высокий уровень инбридинга в выборках растений из Украинских Карпат по сравнению с выборками из Австрийских Альп обусловлен более низкой долей перекрестного опыления деревьев. Так, по однолокусной оценке (t_s), доля ауткроссинга в карпатских популяциях составила 64,5 – 70,6 %, по многолокусной (t_m) – 70 – 74,8 % (табл. 3). Эти же показатели в альпийских выборках составили соответственно 77,4 – 92,5 % и 88 – 91,6 %. Вероятно, снижение доли перекрестного опыления во фрагментированных популяциях *P. cembra* Украинских Карпат связано с небольшой плотностью древостоев сосны кедровой европейской в смешанных насаждениях с участием ели. Экранирующий эффект, создаваемый елью, затрудняет обмен пыльцой между деревьями *P. cembra* на больших расстояниях. В целом во всех выборках значения фактических коэффициентов инбридинга соответствовали ожидаемым. Помимо самоопыления, другой причиной инбридинга

Таблица 3

Доля перекрестного опыления в карпатских и альпийских популяциях *Pinus cembra* по данным аллозимных и микросателлитных маркеров

Выборка	Оценка доли ауткроссинга		$\Delta t = t_m - t_s$	Коэффициент инбридинга	
	однолокусная, t_s	многолокусная, t_m		фактический, F_{IS}	ожидаемый, $F_{IS\text{-}E}$
Аллозимы					
Горганы [4, 13]	0,706±0,070	0,748±0,064	0,042	0,113	0,172
Яйко [4, 13]	0,645±0,058	0,700±0,054	0,056	0,229	0,215
Умхаузен [2]	0,925±0,080	0,916±0,070	-0,009	0,025	0,044
Пааль [2]	0,774±0,049	0,880±0,036	0,107	0,080	0,064
Микросателлиты					
Горганы	0,816±0,050	0,874±0,035	0,058	0,157	0,067
Яйко	0,593±0,086	0,747±0,072	0,155	0,306	0,145
Гаджина	0,767±0,095	0,837±0,059	0,069	0,172	0,089
Умхаузен [2]	0,823±0,039	0,879±0,036	0,056	0,080	0,064
Пааль [2]	0,819±0,044	0,893±0,038	0,074	0,120	0,057

во всех выборках, кроме Умхаузен, являются близкородственные скрещивания, о чем свидетельствует положительная разница между много- и однолокусными оценками (Δt) доли ауткроссинга. Наибольшая доля скрещиваний между близкорастущими родственниками установлена в выборке Пааль (более 10 %).

Анализ параметров системы скрещивания *P. cembra* по трем микросателлитным локусам не показал четкой тенденции, выявленной с помощью аллозимов. За исключением выборки Яйко, во всех изученных популяциях многолокусная оценка доли ауткроссинга варьировала в пределах 83,7 – 89,3 % (см. табл. 3). Значения ожидаемых коэффициентов инбридинга в основном не соответствовали наблюдаемым.

Таким образом, с помощью аллозимных локусов было показано, что выборки взрослых растений из центральных (Австрийские Альпы) и периферийных (Украинские Карпаты) популяций сосны кедровой европейской не отличаются по уровням генетического разнообразия. Как в альпийских, так и в карпатских популяциях *P. cembra* установлена динамика уровней гетерозиготности в выборках взрослых деревьев и зародышей семян. Однако снижение численности *P. cembra* в смешанных с елью древостоях Украинских Карпат вызывается ограничением переноса пыльцы и отражается на системе скрещивания сосны кедровой европейской в этом регионе. Так, в карпатских популяциях *P. cembra* установлено возрастание инбридинга в семенном потомстве растений вследствие более низкой доли их перекрестного опыления по сравнению с альпийскими популяциями этого вида.

Микросателлитные маркеры демонстрируют более высокий уровень генетического полиморфизма сосны кедровой европейской по сравнению с аллозимными локусами. Однако тенденции, установленные с помощью аллозимов, по данным микросателлитных локусов, не такие очевидные. За этим эффектом могут стоять методические проблемы, в частности, наличие скрытых «нуль»-аллелей, неидентичность аллелей одинаковой длины при «несовершенных» повторах и другие причины. Несомненно также, что для получения более адекватных результатов микросателлитного анализа требуется привлечение большего количества локусов и образцов семян, чем было задействовано в данной работе.

В заключение можно констатировать, что совместное применение частично селективно нагруженных (аллозимные локусы) и высокоизменчивых полиаллельных селективно нейтральных (микросателлитные повторы ДНК) маркеров эффективно для анализа уровней генетической изменчивости и дифференциации популяций, что характеризует адаптивную стратегию вида в целом. Кроме того, применение разных классов маркеров целесообразно в прикладном аспекте для обеспечения сохранения генетических ресурсов сосны кедровой европейской. К этим

приложениям относятся анализ генетической изменчивости на индивидуальном уровне, идентификация и паспортизация отдельных деревьев и клонов на лесосеменных плантациях, установление происхождения выборок семян и искусственных насаждений, а также сертификации партий семян этого нуждающегося в охране и восстановлении ценного вида хвойных, что требует разработки соответствующих программ и их финансирования на должном уровне.

Авторы благодарят Я.В. Пирко и Н.Н. Пирко (Институт пищевой биотехнологии и геномики НАН Украины, г. Киев) и С. Шулера (Федеральный исследовательский центр по лесам, Австрия, г. Вена) за предоставление семян *P. cembra* из Украинских Карпат и Австрийских Альп. Работа поддержана программами Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие»), «Происхождение биосферы и эволюция био-геологических систем» (направление II), а также ФЦП «Научно-педагогические кадры инновационной России» (направление 1.1, Госконтракты 02.740.11.0281 и 14.740.11.0164).

Библиографический список

1. Белоконь, М.М. Аллозимный полиморфизм европейской кедровой сосны, *P. cembra* L., в горных популяциях Альп и Восточных Карпат / М.М. Белоконь, Д.В. Политов, Ю.С. Белоконь и др. // Генетика. – 2005. – Т. 41. – № 11. – С. 1538–1551.
2. Мудрик, Е.А. Оценка системы скрещивания в популяциях *Pinus cembra* L. (Pinaceae) с помощью изоферментных и микросателлитных маркеров / Е.А. Мудрик, М.М. Белоконь, Ю.С. Белоконь и др. // Бюлл. Гос. Никитского ботан. сада. – 2010. – V. 101. – № P. – 80–84.
3. Политов, Д.В. Характеристика генофондов популяций кедровых сосен по совокупности изоферментных локусов / Д.В. Политов, К.В. Крутовский, Ю.П. Алтухов // Генетика. – 1992. – Т. 28. – № 1. – С. 93–114.
4. Политов, Д.В. Система скрещивания и возрастная динамика уровней инбридинга в популяциях *Pinus cembra* L. Украинских Карпат / Д.В. Политов, Н.Н. Пирко, Я.В. Пирко и др. // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2007. – Т. 3. – № 33. – С. 80–85.
5. Brown A.H.D., Burdon J.J., Jarosz A.M. Isozyme analysis of plant mating systems // Isozymes in plant biology. Dioscorides Press; Portland Oregon; USA, 1989. P. 73–86.
6. Conte R., Dos Reis M. S., Mantovani A., Vencovsky R. Genetic structure and mating system of Euterpe edulis Mart. populations: A comparative analysis using microsatellite and allozyme markers // Journal of Heredity. 2008. V. 99. № 5. P. 476–482.
7. Estoup A., Rousset F., Michalakis Y., Cornuet J. M., Adriamanga M., Guyomard R. Comparative analysis of microsatellite and allozyme markers: a case study investigating microgeographic differentiation in brown trout (*Salmo trutta*) // Molecular Ecology. 1998. V. 7. № 3. P. 339–353.
8. Gao L.Z., Schaal B.A., Zhang C.H., Jia J.Z., Dong Y.S. Assessment of population genetic structure in common wild rice *Oryza rufipogon* Griff. using microsatellite and allozyme markers // Theoretical and Applied Genetics. 2002. V. 106. № 1. P. 173–180.
9. Hedrick P.W. Perspective: Highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation // Evolution. 1999. V. 53. № 2. P. 313–318.
10. Lewandowski A., Burczyk J. Mating system and genetic diversity in natural populations of European larch (*Larix decidua*) and stone pine (*Pinus cembra*) located at higher elevations // Silvae Genetica. 2000. V. 49. № 3. P. 158–161.
11. Oliveira E.J., Padua J.G., Zucchi M.I., Vencovsky R., Vieira M.L. C. Origin, evolution and genome distribution of microsatellites // Genetics and Molecular Biology. 2006. V. 29. № 2. P. 294-307.
12. Peakall R., Smouse P. E. GenAlex 6: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular Ecology Notes. 2006. V. 6. № P. 288-295.
13. Politov D.V., Krutovskii K.V. Allozyme polymorphism, heterozygosity, and mating system of stone pines (Pinus, subsection Cembrae) // Proceedings – International workshop on subalpine stone pines and their environment: The status of our knowledge. Ogden, Utah: USDA Forest Service Intermountain Research Station, 1994. P. 36-42.
14. Politov D.V., Pirko Ya.V., Pirko N.N., Mudrik E.A., Korshikov I.I. Analysis of mating system in two *Pinus cembra* L. populations of the Ukrainian Carpathians // Annals of Forest Research. 2008. V. 51. № P. 11-18.
15. Ritland K. Extensions of models for the estimation of mating systems using n independent loci // Heredity. 2002. V. 88. № P. 221-228.
16. Salzer K., Sebastiani F., Gugerli F., Buonamici A., Vendramin G.G. Isolation and characterization of polymorphic nuclear microsatellite loci in *Pinus cembra* L. // Molecular Ecology Resources. 2009. V. 9. № P. 858-861.
17. Streiff R., Labbe T., Bacilieri R., Steinkellner H., Glossl J., Kremer A. Within-population genetic structure in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites // Molecular Ecology. 1998. V. 7. № 3. P. 317-328.

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНОГО АНАЛИЗА

Н.В. ОРЕШКОВА, *н. с. лаборатории лесной генетики и селекции Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,*
М.М. БЕЛОКОНЬ, *с. н. с. лаборатории популяционной генетики им. Ю.П. Алтухова Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, канд. биол. наук,*

oreshkova@ksc.krasn.ru; belokon@vigg.ru

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) является одним из наиболее распространенных представителей рода *Larix* (Mill) и важнейшим компонентом бореальных лесов северного полушария. Насаждения лиственницы сибирской занимают около 14 % территорий лиственничных лесов России. С севера на юг ее ареал простирается от южного побережья Белого моря до юга Сибири и Монголии, с запада на восток от Онежской губы до Забайкалья. Основные ее массивы приурочены к континентальным горным районам Южной Сибири. Такое широкое распространение лиственницы обусловлено ее высокой экологической пластичностью. В пределах ареала распространения лиственница сибирская формирует большое количество различных типов лесных насаждений. Только в горных районах Южной Сибири выделено 172 типа лиственничных лесов.

Данный вид имеет огромное биосферное и экологическое значение. Лиственничные экосистемы играют большую водоохранную и почвозащитную роль в горных районах Сибири, предотвращают нарушение хрупкого баланса природных процессов в системе «атмосфера–почва–мерзлая литосфера» в районах Крайнего Севера, а также выступают в качестве форпостов лесной растительности у ее северного (в лесотундре) и южного (в степи) пределов. Нельзя не отметить народнохозяйственное значение вида. Ценная и прочная древесина находит разнообразное применение в машиностроении, судостроении, изготовлении шпал, строительных элементов, в целлюлозно-бумажной, текстильной и лакокрасочной промышленностях и др.

В настоящее время лиственница сибирская является наиболее изученным видом с точки зрения ее морфологической изменчивости, однако ее генетическое разнообразие изучено крайне слабо.

Ранее исследования генетического разнообразия вида проводили главным образом на уровне продуктов генов, используя метод изоферментного анализа [1]. Однако анализ изоферментов (изоэнзимов) позволяет исследовать полиморфизм только белок-кодирующих последовательностей, которых у высших эукариот всего около 1–2 % от общей части генома. Очевидно, что от внимания ускользает основная часть генома, а полученные показатели генетической изменчивости существенно занижены и не отражают реальной картины. Используемый рестрикционный анализ ДНК митохондриальных и хлоропластных генов также имеет ограничения, главным образом по числу доступных высокополиморфных локусов, а непосредственное прямое секвенирование последовательностей генома имеет высокую стоимость.

В связи с этим в настоящее время для исследования генетического полиморфизма хвойных начали использовать наиболее информативную и сравнительно недорогую группу ДНК-маркеров, к которым относятся микросателлиты. Микросателлитные локусы – фрагменты ДНК, с повторяющимися короткими (2–10 нуклеотидов) последовательностями, называемыми мотивами. Высокий уровень полиморфизма микросателлитов, относительно равномерное их распределение в геноме и широкая представленность сделала их чрезвычайно популярными и широко используемыми в современных популяционно-генетических исследованиях.

Поэтому целью нашей работы явилось получение качественно новой информации

Таблица 1

Географическое расположение и характеристика исследованных популяций лиственницы сибирской

Популяция	Численность	Район расположения	Географические координаты	Бонитет, возраст (лет)	Высота над у.м., м
Черга	32	Шебалинский район Республики Алтай, окр. с. Черга	51°29'с.ш. 85°32'в.д.	II-III 100-150	Предгорье 600–650
Кукуя	33	Шебалинский район Республики Алтай, окр. автодор. на Кукуйском перевале	51°27'с.ш. 85°15'в.д.	III-IV 250-300	Горный склон 930-1200

Таблица 2

Характеристика микросателлитных локусов, отобранных для анализа генетической изменчивости

Локус	Мотив	tєC отжига	Число аллелей	Размер фрагмента	Источник литературы
bcLK056	$(AG)_{20}$	Touchdown 63-53°C	12	174–200	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK066	$(TG)_{12}$		6	155–172	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK189	$(AG)_{17}AT(AG)_6$		20	162–196	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK194	$(AG)_{17}$		9	116–136	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK224	$(AG)_{17}$		5	152–168	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK225	$(GA)_{20}$		18	180–213	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK232	$(AG)_{19}$		5	142–178	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK260	$(TG)_{14}(AG)_9$		7	115–126	Isoda, Watanabe, 2006
bcLK235	$(TC)_9(AC)_2AG(AC)_{14}$	58°C	19	177–220	Isoda, Watanabe, 2006
UBCLXtet_1-22	$(TATC)_9(TA)_{12}$		6	175–250	Chen et al., 2009
UAKLly6	$(GT)_{17}$		20	214–264	Khasa et al., 2000 Khasa et al., 2006

при оценке генетической изменчивости лиственницы сибирской с использованием метода микросателлитного анализа.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования взяты выборки из двух популяций лиственницы сибирской, произрастающие на территории Республики Алтай. Названия популяций, их местоположение и краткие лесоводственные характеристики представлены в табл. 1.

Для выделения ДНК использовали хвою. Выделения проводили по стандартному протоколу для растительных тканей с применением цетилтриметиламмониумбромида (CTAB) [4]. Выделенную ДНК использовали для проведения ПЦР с одиннадцатью парами праймеров для микросателлитных последовательностей, разработанных для лиственницы японской (*L. kaempferi* Sarg.) – группа bcLK [5], лиственниц альпийской (*L. lyallii* Parl.) и западной (*L. occidentalis* Nutt.) группы – UAKLY [6, 7] и UBCLX (Chen et al.,2009). Для проведения ПЦР использовали готовые реакционные смеси производства ООО «Лаборатория Изоген».

В результате тестирования 25 пар праймеров для микросателлитных локусов для последующего анализа были отобраны 11. Характеристики микросателлитных последовательностей и условия ПЦР-амплификации приведены в табл. 2.

Электрофоретическое разделение полученных в результате амплификации фрагментов проводили в 6 % полиакриламидном геле с использованием Трис-EDTA-боратного электродного буфера. Гели окрашивали в растворе бромистого этидия и визуализировали с помощью системы гель-документации «Kodak». Молекулярный вес фрагментов определяли путем сопоставления со стандартными маркерами в программе Photo-Capt. Обработку полученных данных производили в программе GenAlEx 6.2 [9].

Результаты исследований и их обсуждение

Все исследованные локусы оказались полиморфными. Самыми высокополиморфными в обеих выборках были локусы *bcLK189* и *UAKLly6*, у которых наблюдалось 20 аллельных вариантов. Высокую изменчивость продемонстрировали также локусы *bcLK235, bcLK225* и *bcLK056,* в изученных популяциях у них идентифицированы от 12 до 19 аллелей. Относительно низкая изменчивость характерна для локусов *bcLK232*, *bcLK224*, *bcLK066* и *UBCLXtet_1-22*. В них выявлено от пяти до шести аллельных вариантов (табл. 2).

Пример электрофореграммы, представляющей изменчивость микросателлитного локуса и кодирующих его аллелей, представлен на рисунке.

В результате проведенных исследований выявили, что алтайские популяции лиственницы характеризовались достаточно высоким аллельным разнообразием и уровнем наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности (табл. 3).

Среднее число аллелей на локус в популяциях составило от трех до восемнадцати (табл. 3). Уникальные аллели встречались 2,8 на локус в выборке Черга и 2,3 на локус в выборке Кукуя. Однако практически во всех случаях их частота не превышала 0,1. Суммарные частоты уникальных аллелей по отдельным локусам не превысили 0,34 на локус в выборке. По данным изоферментного анализа показано, что уникальные аллели составляют около 37 % от общего числа аллелей, выявляемых в популяциях лиственницы сибирской [2].

Наблюдается слабая тенденция к увеличению всех основных показателей генетического полиморфизма в предгорной популяции Черга (табл.1 и табл.3). Например, средние значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности для популяции Черга составили 0,412 и 0,676 против 0,409 и 0,660 для горной популяции Кукуя (табл. 3).

Полученные нами значения показателей генетического полиморфизма находятся в пределах значений аналогичных показателей, рассчитанных для других представителей рода *Larix* [5, 7, 8].

В обеих выборках наблюдается дефицит гетерозигот по большинству локусов (*bcLK232, bcLK056, bcLK224, bcLK225, bcLK189, bcLK260, bcLK194, UAKLly6*). В локусах *bcLK235* и *UBCLXtet_1-22* дефицит гетерозигот наблюдался только в популяции Черга, а в популяции Кукуя индекс фиксации был близок к равновесному. Исследования, выполненные на других видах лиственниц, также выявили дефицит гетерозигот у японской лиственницы в восьми из девятнадцати микросателлитных локусах [5] и в шести из

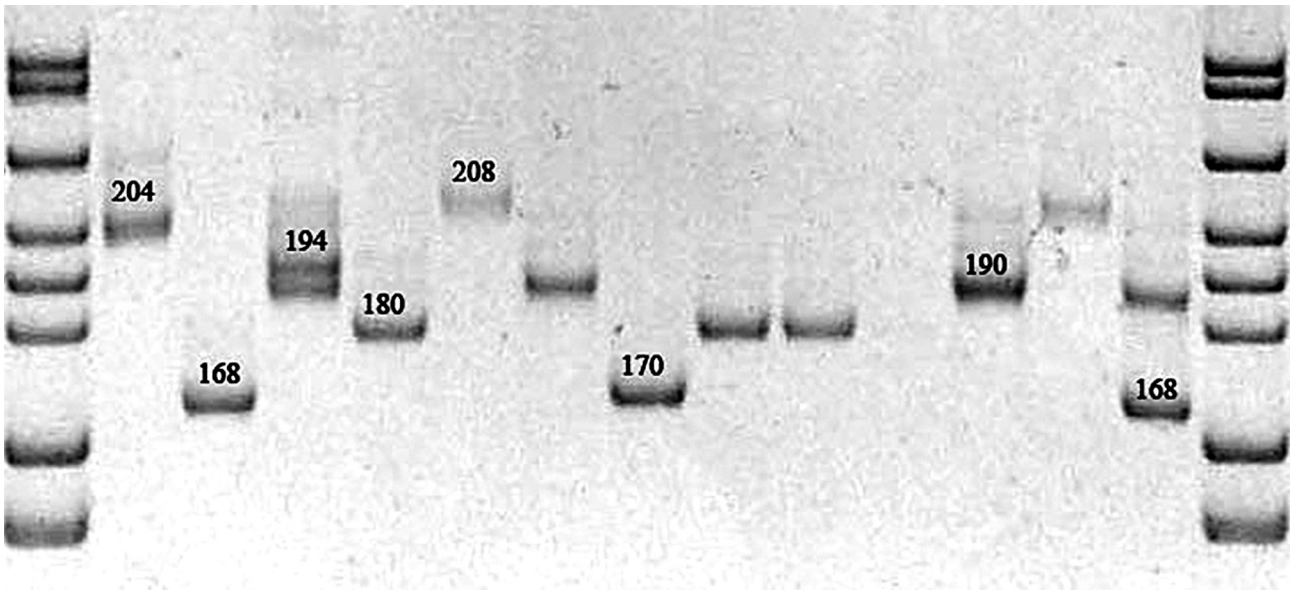


Рисунок. Электрофореграмма микросателлитного локуса *bcLK225* у лиственницы сибирской; 168, 170, 180, 190, 194, 204, 208 – обозначение аллелей по длине амплифицируемого фрагмента ДНК

Таблица 3

Показатели генетической изменчивости лиственницы сибирской, рассчитанные по результатам микросателлитного анализа

Локус	N_A	N_E	H_O	H_E	F
Черга					
bcLK232	4	2,190	0,375	0,543	0,310
bcLK056	9	6,095	0,719	0,836	0,140
bcLK224	5	2,513	0,406	0,602	0,325
bcLK225	15	11,011	0,125	0,909	0,863
bcLK066	4	1,294	0,188	0,227	0,174
bcLK189	18	11,315	0,406	0,912	0,554
bcLK260	5	4,240	0,688	0,764	0,100
bcLK194	9	5,120	0,375	0,805	0,534
bcLK235	14	7,907	0,688	0,874	0,213
UBCLXtet_1-22	4	1,173	0,094	0,147	0,364
UAKLly6	15	5,596	0,469	0,821	0,429
В среднем для популяции	**9,273±1,607**	**5,314±1,079**	**0,412±0,066**	**0,676±0,081**	**0,364±0,067**
Кукуя					
bcLK232	3	1,832	0,182	0,454	0,600
bcLK056	11	5,967	0,485	0,832	0,418
bcLK224	4	2,149	0,281	0,535	0,474
bcLK225	12	6,958	0,758	0,856	0,115
bcLK066	5	1,474	0,273	0,321	0,151
bcLK189	15	9,037	0,333	0,889	0,625
bcLK260	7	4,033	0,333	0,752	0,557
bcLK194	8	4,894	0,485	0,796	0,391
bcLK235	15	7,309	0,939	0,863	-0,088
UBCLXtet_1-22	3	1,070	0,067	0,065	-0,026
UAKLly6	13	9,553	0,364	0,895	0,594
В среднем для популяции	**8,727 ±1,408**	**4,934 ±0,925**	**0,409 ±0,076**	**0,660 ±0,084**	**0,346 ±0,079**
В среднем для обеих популяции	**9,000 ±1,044**	**5,124 ±0,695**	**0,410 ±0,049**	**0,668 ±0,057**	**0,355 ±0,051**

Примечание: N_A – среднее число аллелей на локус, N_T – эффективное число аллелей на локус, H_O – наблюдаемая гетерозиготность, H_E – ожидаемая гетерозиготность, F – индекс фиксации.

Таблица 4

Значения показателей F-статистик Райта

Локусы	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}
bcLK232	0,442	0,445	0,006
bcLK056	0,279	0,297	0,026
bcLK224	0,395	0,397	0,003
bcLK225	0,500	0,515	0,029
bcLK066	0,161	0,167	0,008
bcLK189	0,589	0,597	0,020
bcLK260	0,327	0,330	0,005
bcLK194	0,463	0,473	0,020
bcLK235	0,063	0,076	0,014
UBCLXtet_1-22	0,245	0,254	0,012
UAKLly6	0,515	0,531	0,033
Среднее	**0,362±0,049**	**0,371±0,049**	**0,016±0,003**

девяти полиморфных локусов лиственницы западной [8]. Наличие дефицита гетерозигот может свидетельствовать о присутствии в выборке нуль-аллелей, или же быть вызванным инбридингом и близкородственными скрещиваниями. В нашем исследовании, включавшем 65 проанализированных особей, по перечисленным локусам нуль-аллели не были выявлены. По данным изоферментного анализа в популяциях лиственницы сибирской соотношение наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности близко к равновесному [2, 3].

Исследование популяционной структуры с помощью F – статистик Райта [10] показало, что каждое дерево в изученных популяциях лиственницы сибирской обнаруживает 36 %-й дефицит гетерозиготных генотипов (F_{IS} = 0,362) (табл. 4).

Около 1,6 % всей наблюдаемой изменчивости приходится на межпопуляционную (F_{ST}). Внутри популяций сосредоточено 98,4 % всего генетического разнообразия. Максимально популяции дифференцированы по локусам *bcLK056*, *bcLK225* и *UAKLly6*. По изоферментным локусам была отмечена более высокая степень генетической дифференциации популяций – у лиственницы сибирской F_{ST} = 0,038 [2], лиственниц Гмелина F_{ST} = 0,019 и Каяндера F_{ST} = 0,152 [1]. Однако стоит отметить, что эти исследования охватывали не только близкие географически, но и удаленные друг от друга популяции.

Генетическая дистанция между изученными нами популяциями лиственницы сибирской составила 0,016, что выше величин, определяемых с помощью изоферментного анализа [2,3].

Анализ ядерных микросателлитных маркеров выявляет значительную часть изменчивости, не обнаруживаемой при анализе изоферментов, широко используемых в популяционно-генетических исследованиях древесных растений. Полученные данные свидетельствуют о генетическом своеобразии отдельных популяций лиственницы сибирской. Дальнейшие исследования позволят подробно оценить уровни изменчивости в большем числе популяций, определить степень дифференциации более удаленных друг от друга локальностей. Полученные результаты могут быть также применены для изучения межвидовой гибридизации лиственниц Сибири.

Работа проводилась в рамках проекта РФФИ 10-04-90819-моб_ст, при поддержке программ РАН «Биологическое разнообразие» (подпрограмма «Генофонды и генетическое разнообразие»), «Биологические ресурсы России: Оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (направление 1.1, Госконтракты 02.740.11.0281, 14.740.11.0164).

Библиографический список

1. Абаимов, А.П. Биоразнообразие лиственниц Азиатской России / А.П. Абаимов, И.Ю. Адрианова, Е.В. Артюкова и др. – Новосибирск: Академ. изд. «ГЕО», 2010. – 160 с.
2. Орешкова, Н.В. Генетическая дифференциация лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в Средней Сибири / Н.В. Орешкова // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – XXVII. – № 1–2. – С. 147–153.
3. Орешкова, Н.В. Генетические особенности и морфологическая изменчивость лиственницы сибирской в Алтайско-Саянской горной области / Н.В. Орешкова // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 10. – С. 59–64.
4. Devey M. E., Bell J. C., Smith D. N., Neale D. B., Moran G. F. A genetic linkage map for *Pinus radiata* based on RFLP, RAPD, and microsatellite markers // Theor. Appl. Genet. 1996. V. 92. № 6. P. 673–679.
5. Isoda K., Watanabe A. Isolation and characterization of microsatellite loci from *Larix kaempferi* // Molecular Ecology. – 2006. – V.6, I.3 – P. 664–666.
6. Khasa D.P., Newton C.H., Rahman M.H., Jaquish B., Dancik B.P. Isolation, characterization, and inheritance of microsatellite loci in alpine larch and western larch // Genome. – 2000. – №43 (3) – P. 439–448.
7. Khasa D.P., Jaramillo-Correa J.P., Jaquish B., Bousquet J. Contrasting microsatellite variation between subalpine and western larch, two closely related species with different distribution patterns // Molecular Ecology. – 2006. – V.15, I.13 – P. 3907–3918.
8. Chen C., Liewlaksaneeyanawin C., Funda T., Kenawy A., Newton C.H., El-Kassaby Y.A. Development and characterization of microsatellite loci in western larch (*Larix occidentalis* Nutt.) // Molecular Ecology Resources – 2009. – V.9, I.3 – P. 843–845.
9. Peakall R., Smouse P.E. GenAIEx V6: Genetic Analysis in Excel. Population Genetic Software for Teaching and Research // Molecular Ecology Notes. – 2006. – V.6 (1) – P.288–295.
10. Wright S. The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating // Evolution. – 1965. – Vol. 19. – P. 355–-420.

КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСОБО ЦЕННЫХ РЕДКИХ И ЭТАЛОННЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА»

Н.А. АРХИПЕНКО, *и.о. заместителя генерального директора по НИР Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Браславские озера»*

narkhipenko@yandex.ru

Национальный парк «Браславские озера» – один из наиболее ценных природных объектов Беларуси как по сочетанию, так и по богатству ландшафтных, флористических и фитоценотических комплексов для условий Белорусского Поозерья. Национальный парк создан в 1995 г. на базе Браславского лесхоза, где велось интенсивное лесопользование. Однако на его территории имелся ряд заказников республиканского значения – «Межозерный», «Заболотье» и памятников природы местного значения – «Дубки», «Бельмонт», где рубки не велись. На этих участках сохранились высоковозрастные насаждения практически всех основных лесообразующих пород национального парка.

Если вести речь об особо ценных редких лесных насаждениях, то в условиях Белорусского Поозерья к ним можно отнести высокопродуктивные высоковозрастные насаждения сосны и ели, которые будут выступать эталонами, а также сообщества местных лесообразующих древесных пород, участие которых в составе лесов менее 1 % (дуба черешчатого, липы мелколистной, клена остролистного) с устойчиво сформировавшейся структурой и полнотой в приспевающем, спелом и перестойном возрасте. В национальном парке площадь покрытых лесом земель составляет 29 895 га. Распределение земель по преобладающим породам следующее: сосна – 50 %, ель – 18 %, береза – 24 %, другие мелколиственные – 7,4 %, широколиственные – 0,6 %. На долю спелых и перестойных лесов приходится только 539 га (хвойные – 12,2 %, мягколиственные – 83,2 %, кустарники – 4,6 %). С чем связана сложившаяся структура лесов? В первую очередь, с целевой направленностью ведения лесного хозяйства на выращивание хвойных лесов, а также с условно принятыми возрастами рубок для лесов национальных парков, которые влияют на распределение насаждений по возрастным группам при составлении лесотаксационной характеристики. Так, возраст спелости сосны и ели 121 и более лет, дуба и клена 141 и более лет, липы 91 и более лет [1].

Несомненно, ошибки ведения лесного хозяйства прошлых десятилетий и даже столетий наложили отпечаток на структуру современных лесов. При описании лесов Витебской губернии еще в 1862 г. указывалось: «Истощение и отчасти исчезновение лесов Витебской губернии не есть дело случая или естественных явлений природы, а прямое и неизбежное следствие целого ряда исторических событий и дурно рассчитанных государственных экономических мер…»[2]. Из того же источника: «…сосна и ель занимают более 3/4 всей лесной площади губернии; береза, ольха, осина и липа занимают остальную часть лесной площади. Вяз, ясень и клен, как деревья наиболее употребляемые, срубаются в молодом и приспевающем возрасте. Дуб достигает огромных размеров и значительной старости» [2]. Учитывая, что значительная часть земель Витебской губернии в настоящее время относится к Западно-Двинскому геоботаническому округу, как и Национальный парк «Браславские озера», можно получить представление о состоянии и структуре наших лесов 150 лет назад.

Начало исследованиям, направленным на выявление и инвентаризацию особо ценных редких и эталонных насаждений Национального парка «Браславские озера», положено группой сотрудников лаборатории геоботаники и картографии растительности ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси под руководством доктора биологических наук Д.С. Голода в 2002 г. Целью исследований было выявление особенностей формирования и размещения редких и эталонных лесных сообществ, несущих подзональные черты и

Таблица 1

Средние и максимальные классы бонитета по ТЛУ для основных лесообразующих пород Национального парка «Браславские озера»

ТЛУ	Преобладающая порода										Площадь выборки, га
	С	Е	Б	Ос	Олс	Олч	Д	Кл	Лп	Я	
А1	4,2(4) 3,4										3,4
А2	1,8(1) 8164,6	1,7(1) 80,8	1,9(1) 107,5	2(2) 0,5							8353,4
А3	1,6(1) 1465,3		1,5(1) 15,8								1481,1
А4	2,6(2) 4031,7		2,8(2) 686,9	2,6(2) 8,4	3,0 (3) 0,6	3,0 (3) 2,1					4729,7
А5	5,0(4) 5060,2		5,2(4) 179,6								5239,8
В2	1А,8(1А) 2003,7	1,7(1А) 804,2	1,3(1А) 568,0	1,9(1А) 20,3	3,0(3) 0,3						3396,5
В3	1,3(1) 2083,8	2,0(2) 7,5	1,6(1) 1755,3	1,6(1) 71,1	2,9(2) 3,7						3921,4
В4	2,2(2) 207,1	2,4(1) 667,1	2,0(1) 2466,5	2,0(1) 90,9	3,0(3) 21,3						3452,9
В5	2,7(2) 27,6	3,2(2) 37,1	3,3(2) 3203,2		3,2(2) 13	3,1(3) 42,5					3323,4
С2	1А,6(1А) 765,7	1,6(1) 776,9	1А,8(1А) 1183,8	1А,7(1А) 157,1	1,9(1) 68,8	1,0(1) 1,9	3,1(2) 41,4				2995,6
С3		1,6(1А) 3927,4	1,3(1) 764,6								4692,0
С4		1,6(1) 522,4	1,6(1А) 2099,9		1,9(1) 285,8	1,8(1А) 1943,1	2,8(2) 14,1			1,3(1А) 10,7	4876,0
С5	2,0(2) 2,5	1,8(1) 11,0	2,3(1) 1723,8			2,4(2) 1657,9					3395,2
Д2		1А,9(1А) 2807,9	1А,7(1Б) 1237,5	1А,4(1А) 407,8	1,8(1А) 252,7	1А,9(1А) 97,7	1,6(1А) 218,1	1,0(1) 19,0	1А,7(1А) 12,9	1,2(1) 39,9	5093,5
Д3		2,0(1А) 683,5	1А,1(1Б) 1143,6	1А,5(1Б) 750,1	1,4(1) 232,8	1,0(1А) 327,6	1,2(1) 95,3	1,1(1) 2,1	1,3(1) 7,4	1А,9(1А) 227,5	3469,9
Д4		1,0(1) 3,6	1,0(1А) 92,4	1,0(1) 5,9		1А,9(1А) 47,3			2,0(2) 2,8	1А(1А) 76,8	228,8
Площадь выборки, га	23815,6	10329,4	17228,4	1512,1	879,0	4120,1	368,9	21,1	23,1	354,9	58652,6

Примечание: в числителе – средний класс бонитета (максимальный класс бонитета) по ТЛУ; в знаменателе – площадь выборки, га.

в определенной степени репрезентирующих структурные особенности растительности подзоны широколиственно-еловых лесов Белорусского Поозерья. Критериями для выделения эталонных насаждений являлись их возраст, состав и комплексная продуктивность, выражаемая запасом древесины на 1 га, высокой сортиментной структурой и

суммой ценностей, получаемых в процессе жизнедеятельности лесных биогеоценозов, а также высокополнотность, незначительная антропогенная нарушенность (изъятие деревьев из состава в процессе ухода не более 25 %, стабильный гидрологический режим, равномерная полнота, незначительное воздействие поллютантов и др.) и нормальное эколого-физиологическое состояние (степень дефолиации крон до 10–15 %, дехромация физиологически активных органов до 20 % и др.).

Основными определяющими факторами продуктивности естественных насаждений являются климат и плодородие почвы [3]. Класс бонитета характеризует степень соответствия условий местопроизрастания биоэкологии древесных пород и в пределах одного лесорастительного округа зависит от почвенно-гидрологических условий. Определение среднего и максимального класса бонитета для каждого типа лесорастительных условий позволяет найти наилучшие для конкретной древесной породы. В табл. 1 представлены средние и максимальные классы бонитетов для основных лесообразующих пород национального парка. Для увеличения объема выборки в расчет приняли как леса Национального парка «Браславские озера», так и его охранной зоны (Экспериментальное лесоохотничье хозяйство «Браслав») для сосновой, еловой, березовой, осиновой, ольховой формаций, и ввиду незначительного распространения все участки дубрав, липняков, кленовников, ясенников Западно-Двинского лесорастительного района с участием главной породы от 8 единиц и выше.

Приведенные в табл. 1 данные позволяют судить скорее о потенциальной продуктивности лесов национального парка. Как видим, для сосны наблюдается большая амплитуда в классах бонитета и разнообразие в типах лесорастительных условий. Наивысший бонитет сосняков характерен для условий В2 и С2. Ель же, произрастая на более богатых почвах, имеет I – II класс бонитета, и только в условиях избыточного увлажнения III. Наибольший средний бонитет в условиях Д2, однако отдельные насаждения достигают 1А класса бонитета в условиях В2, С3, Д3. Средние классы бонитета сосновой и еловой формаций приближены к максимальным, что говорит о незначительном различии бонитетов для отдельной породы в пределах одного типа условий местопроизрастания. Фитоценозы с господством липы и клена представлены преимущественно IA и I классами бонитета и приурочены к местообитаниям с плодородными почвами. Насаждения дуба имеют более широкий спектр лесорастительных условий и произрастают по II классу бонитета, хотя в условиях Д2 отдельные дубравы достигают наивысшей продуктивности. Ясень приурочен к очень богатым увлажненным почвам. Средние и максимальные бонитеты ясенников в условиях Д2, Д3, Д4 отличаются незначительно и представлены высшими классами I – IA, что свидетельствует о произрастании их в оптимальных условиях. Мягколиственными производными заняты значительные площади, пригодные для произрастания высокопродуктивных ельников (березой в условиях В2, С3, С4 – 3435,5 га; березой и осиной в условиях С2 – 1340,9 га) и особенно широколиственных насаждений (березой, осиной, ольхой в условиях Д2, Д3 – 4449,8 га). Таким образом, в Национальном парке «Браславские озера» и Экспериментальном лесоохотничьем хозяйстве «Браслав» имеются значительные площади с преобладанием мягколиственных пород, на которых путем реконструкции лесохозяйственными методами возможно воспроизводство широколиственных лесов с учетом их типологической структуры и зональных особенностей.

Фактическая продуктивность определяется величиной запаса древесины на 1 га и зависит не только от соответствия условий местопроизрастания биоэкологии древесной породы, но и от состояния древостоя, а также является результатом хозяйственной деятельности человека [3]. В табл. 2 приведены средние запасы древесины для еловой и сосновой формаций в приспевающем и спелом возрасте по ТЛУ (по данным лесоустройства 2008 г.). Для увеличения объема выборки в расчет приняли как леса Национального пар-

Таблица 2

Средний запас древесины по ТЛУ для еловой и сосновой формаций Национального парка «Браславские озера» и ЭЛОХ «Браслав»

		Средний запас, м³/га по ТЛУ												
		А2	А3	А4	А5	В2	В3	В4	В5	С2	С3	С4	Д2	Д3
Сосна	101–120 лет	284	294	281	169	335	323	228	196	406	–	–	–	–
	121–160 лет	307	269	282	189	–	334	180	259	283	–	–	–	–
Ель	101–120 лет	–	–	–	–	324	–	229	217	330	304	303	393	358
	121–160 лет	–	–	–	–	–	–	267	180	230	230	–	350	–

ка «Браславские озера», так и его охранной зоны (Экспериментальное лесоохотничье хозяйство «Браслав»).

Анализ полученных данных показал, что сосновые леса достигают высшей продуктивности по запасу в условиях В2 и С2 в приспевающем возрасте, еловые леса – в условиях Д2 и Д3 в приспевающем возрасте. В спелом возрасте средний запас еловых и сосновых древостоев незначительно выше, а в большинстве случаев ниже, чем в приспевающем возрасте. Это связано с незначительной площадью спелых хвойных лесов в национальном парке, низкой и неравномерной полнотой этих насаждений и плохим эколого-физиологическим состоянием. Величины среднего запаса древесины и среднего бонитета использовались для сравнительного анализа продуктивности насаждений при выделении эталонных. Всего в Национальном парке «Браславские озера» к эталонным насаждениям отнесено: сосняков 4,7 га в условиях В2 и 14,6 га в условиях С2, ельников 9,7 га в условиях Д2.

Для выявления зональных особенностей формирования особо ценных редких и эталонных лесных насаждений Национального парка «Браславские озера» на репрезентативных участках методом закладки пробных площадей изучались: состав и сложение древостоя, его возрастная структура; сложение и видовой состав нижних ярусов растительности (напочвенный покров, подлесок, подрост); морфологическая характеристика и агрохимический анализ почв.

Эталонные леса Национального парка «Браславские озера» представлены чистыми сосняками, сложными мелколиственно-еловыми и смешанными сосново-еловыми насаждениями, характерными для севера и севера-запада Беларуси. Вместе с тем, на территории национального парке не представлены типичные для севера и северо-запада Беларуси высоковозрастные высокопродуктивные широколиственно-еловые насаждения.

К особо ценным редким насаждениям Национального парка «Браславские озера» отнесены: кленовники – 6,4 га; липняки – 2,3 га; дубравы – 11,1 га; ясенники – 8,6 га.

Кленовые и липовые леса имеют крайне незначительное распространение в национальном парке, а высоковозрастные представлены исключительно на территории бывшего памятника природы «Бельмонт». В заповедной зоне национального парка произрастают высоковозрастные насаждения ясеня и дуба. Также дубрава представлена на территории бывшего памятника природы «Дубки».

Выделение и паспортизация особо ценных редких и эталонных насаждений Национального парка «Браславские озера» имеет несомненную актуальность в теоретическом и практическом плане, т.к. эти насаждения являются основой сети для сохранения генофонда растительного мира Белорусского Поозерья.

Библиографический список

1. Проект организации и ведения лесного хозяйства Государственного природоохранного учреждения «Национальный парк «Браславские озера» УДП РБ на 2009 – 2018 годы. Т1. Пояснительная записка. – Мн., 2008. – 189 с.
2. Статистическое описание Витебской губернии в лесном отношении // Труды императорского вольного экономического общества. – СПб: Типография Товарищества «Общественная Польша», 1862. – 53 с.
3. Лосицкий, К.Б. Эталонные леса / К.Б. Лосицкий, В.С. Чуенков. – М., 1980. – 190 с.

ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОЙНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО ПРИАНГАРЬЯ К СУКЦЕССИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

И.Б. ВЕДЕРНИКОВ, *асп. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ,*
Е.М. РУНОВА, *проф. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ, д-р с.-х. наук*

iv_brsu@mail.ru; runova@rambler.ru

Важным показателем при определении экологической ценности участка леса является его принадлежность к тому или иному типу леса и типу лесорастительных условий. В районе исследования присутствует 15 типов лесов, свойственных хвойным лесам бореальной зоны. Если применять ландшафтный подход при выделении наиболее ценных из них, то ценными будут ландшафты, представленные наименее распространенными типами леса. С экологической точки зрения необходима привязка либо к коренным породам, либо наоборот – к сукцессионным. Так, выразить ценность участка леса можно через функцию показателя лесорастительных условий, связывающую тип леса участка и его сукцессионный возраст. Сукцессионный возраст определяется как возраст пионерных пород, занимающих доминирующее положение в основном древесном ярусе.

Сукцессионный процесс охватывает большинство элементов биоценоза. При смене пород меняются не только породный состав древостоя и видовое разнообразие животного мира, но и живой напочвенный покров [1].

Каждому типу леса соответствует свое видовое сочетание живого напочвенного покрова, который формируется при разложении детрита. Качественные характеристики детрита (мертвого напочвенного покрова) определяются лиственным или хвойным опадом произрастающих на участке древостоев, а также другими отмершими частями деревьев (ветви, ствол, корни). Следовательно, как лесорастительные условия могут определять породный состав древостоя рассматриваемо-

Таблица 1

Распределение лесных земель в зависимости от наличия и характера древостоев

Древостои	Площади		Частоты (количество выделов)
	га	%	
Хвойные	8751,8	3,601297	573
Лиственные	1087,9	0,447662	75
Хвойно-лиственные	204250,6	84,04752	8890
Отсутствуют	28927,7	11,90352	2184
В числе отсутствующих			
Болото	21984,2	9,0463	628
Вырубки	3141,5	1,2927	170
Гари	266,5	0,1097	12
Границы окружные	13,0	0,0053	53
Дороги	1409,6	0,5800	318
Зимники	157,8	0,0649	29
Карьеры	37,5	0,0154	15
Кордон	6,6	0,0027	1
Линии электропередач	951,9	0,3917	42
Озера	111,0	0,0457	30
Пахотные земли	10,8	0,0044	2
Просеки	165,9	0,0683	371
Реки	506,8	0,2085	159
Ручьи	98,3	0,0404	337
Сенокосы	53,5	0,0220	9
Прочие земли	9,0	0,0037	5

го участка, так и древостой может определять лесорастительные условия вокруг себя. В условиях Среднего Приангарья большинство лесных биоценозов представлено устоявшимися на протяжении веков смешанными хвойно-лиственными древостоями с преобладанием хвойных пород, определяющих лесорастительные условия биотопов их произрастания. Распределение древостоев по характеру пород представлено в табл. 1.

Из данных таблицы видно, что 11,9 % от площади рассматриваемых лесных земель не покрыты древесной растительностью. На покрытых лесом площадях преобладают смешанные хвойно-лиственные насаждения, занимающие 84 % – 204250,6 га лесопокрытой площади, менее 4 % от покрытой лесом площади занимают чистые и смешанные насаждения, состоящие из хвойных пород – 8751,8 га, и около половины процента площади района исследования занимают чистые и смешанные насаждения, состоящие из лиственных пород. Следовательно, можно сделать вывод о доминировании хвойных пород в общем составе насаждений.

Как было отмечено, сукцессионный возраст является одним из основных показателей, характеризующих состояние насаждения. Поскольку район исследования представлен по большей части хвойными насаждениями, первой крупной стадией сукцессии является замена коренных хвойных пород лиственными. Это вполне закономерный процесс для хвойных бореальных лесов при массовом отпаде хвойных древостоев, впоследствии переходящий в лиственно-хвойную стадию сукцессии после того, как лиственные древостои достигают возраста распада основного полога. Таким образом, сукцессионный возраст является показателем стабильности гомеостатических функций хвойных лесов бореальной зоны [2].

Хвойно-лиственные древостои ведут борьбу за ресурсы в схожих экологических условиях, следовательно, сукцессии между хвойными породами деревьев, а также сукцессии между лиственными можно считать нейтральными, смену лиственных пород хвойными – положительной, а хвойно-лиственную сукцессию – отрицательной. Таким образом, в случае смешанного хвойно-лиственного насаждения сукцессионный возраст смены хвойных пород деревьев лиственными обратно пропорционален стабильности лесной экосистемы. При достижении лиственным модальным древостоем возраста распада полога стабильность системы восстанавливается, а при возрасте модального лиственного древостоя, превышающем возраст распада лиственного полога, образуется некоторый «буфер устойчивости» модальных хвойных древостоев, в какой-то степени определяющий переход части системы в состояние, характеризующееся наличием только хвойных древостоев в составе чистых и смешанных хвойных насаждений.

Возраст распада лиственного полога зависит от различных природных факторов среды, количественных и качественных характеристик ресурсов, потребляемых в процессе роста и развития (питательная среда, наличие свободно усвояемой влаги, условий существования микоризы и др.). Наиболее информативным показателем достижения тем или иным древостоем возраста распада полога является прирост биомассы древесных растений. В момент снижения прироста до нуля и перехода в отрицательные значения можно судить о достижении пологом возраста распада. Показателем, характеризующим прирост биомассы, является изменение запаса стволовой древесины с изменением возраста дерева. На рис. 1 и 2 представлена временная динамика запаса стволовой древесины основных сукцессионных (лиственных) пород Среднего Приангарья.

Исходя из линий трендов на рисунках можно судить о близости возраста распада лиственного полога березовых (рис. 1) и осиновых (рис. 2) модальных древостоев, его значение лежит в пределах 120–130 лет. Для более точной оценки возраста распада использованы тренды динамики запаса в зависимости от возраста лиственных пород, представленные полиномиальными уравнениями 4 степени. В табл. 2 сведены данные о зависимости динамики запасов по породам в зависимости от возраста.

Таблица 2

Зависимость показателей лиственных модальных древостоев в смешанных хвойно-лиственных насаждениях

Порода	Коэффициент корреляции между возрастом (X) и запасом на 1 га (Y), r (фактические данные)	Тренды (расчетная зависимость)	
		Уравнение тренда	Коэффициент аппроксимации, R^2
Береза	0,6965	$y = -0{,}0000002 \cdot x^4 - 0{,}00006 \cdot x^3 + 0{,}0108 \cdot x^2 + 1{,}5709 \cdot x - 2{,}4288$	0,5007
Осина	0,8484	$y = -0{,}00000055 \cdot x^4 - 0{,}000021 \cdot x^3 + 0{,}0092 \cdot x^2 + 3{,}2693 \cdot x - 11{,}928$	0,7903

Из таблицы следует, что фактические данные достаточно тесно коррелируют между собой внутри групп. Для березы коэффициент корреляции возраста и запаса стволовой древесины на 1 га составляет приблизительно 0,7, для осины – почти 0,85, что свидетельствует о достаточно тесной связи этих показателей для разных пород. Тренды, отражающие динамику запаса, аппроксимируют данные с коэффициентом R^2, равным 0,5 и 0,8 для березы и осины соответственно.

Таким образом, имеются основания к применению трендовых зависимостей для поиска возраста распада лиственного полога, ему будет соответствовать значение возраста (x) при достижении показателя запаса (y) максимального значения.

Методом подстановки найдены значения возраста распада лиственного полога березовых и осиновых модальных древостоев в составе смешанных хвойно-лиственных насаждений, они соответственно равны 123 и 126 лет при расчетных максимумах запаса – 196,8 и 264,6 м^3/га. Следовательно, возраст распада принимается – 120 лет, т.е. 12 класс возраста для мягколиственных пород.

При проектировании экологической сети [3] в условиях эксплуатационных лесов «сукцессионный» показатель является одной из важных характеристик, влияющих на конечные параметры экологических коридоров в их пространственном выделении. Поскольку общая площадь и протяженность экологической сети определяется соотношением экономической и экологической ценности участков лесных земель, а показатель устойчивости участка леса к смене пород является частью общего показателя экологической ценности, при увеличении устойчивости к сукцессии будет возрастать и общий показатель ценности лесных земель, следовательно, произойдет увеличение вероятности включения рассматриваемого участка земли в экосеть. Показатель устойчивости хвойных насаждений к смене основных лесообразующих пород на лиственные может быть выражен следующим образом

$$C_i = G_i \cdot ((A_{лi} - A_{лd}) + 1) / (A_{лd} + 1), \quad (1)$$

где C_i – показатель сукцессионной устойчивости (устойчивости к смене пород) i-го участка земли;

G_i – показатель смешанности состава насаждения по отношению к наличию хвойных и лиственных пород в составе насаждения *i*-го участка земли (G = 0 – насаждения отсутствуют, G = -1 – либо чистые или смешанные лиственные насаждения, либо чистые или смешанные хвойные насаждения, G = +1 – смешанные хвойно-лиственные насаждения);

$A_{лi}$ – возраст основного элемента лиственного полога главного либо ближайшего к нему яруса насаждения i-го участка земли;

A_d – возраст распада лиственного полога. В числителе и знаменателе прибавляется единица для возможности отличия устойчивого насаждения и отсутствующего.

В табл. 3 представлены основные варианты сочетания расчетных характеристик (1), в которых в относительном виде отражены возможные результирующие значения показателя C_i в интервальном виде (табл. 3).

Из таблицы следует, если насаждение присутствует, то показатель его сукцессион-

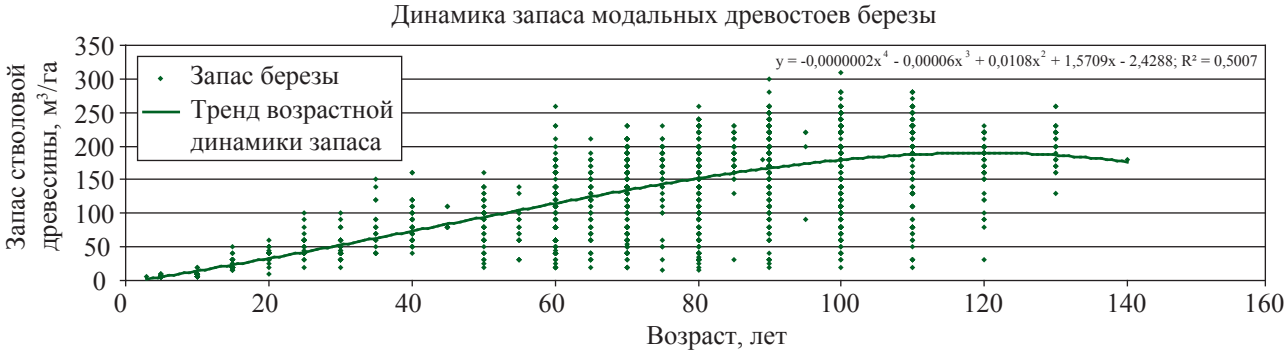


Рис. 1. Динамика запаса модальных древостоев березы в смешанных хвойно-лиственных насаждениях

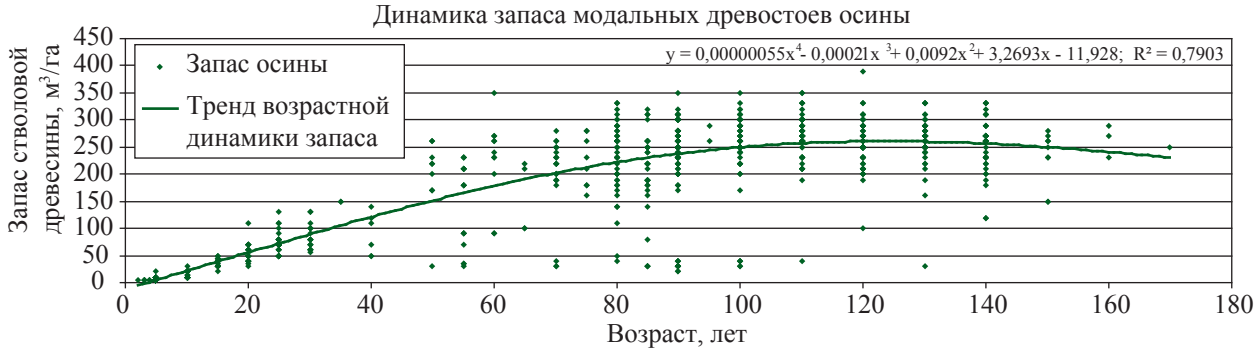


Рис. 2. Динамика запаса модальных древостоев осины в смешанных хвойно-лиственных насаждениях

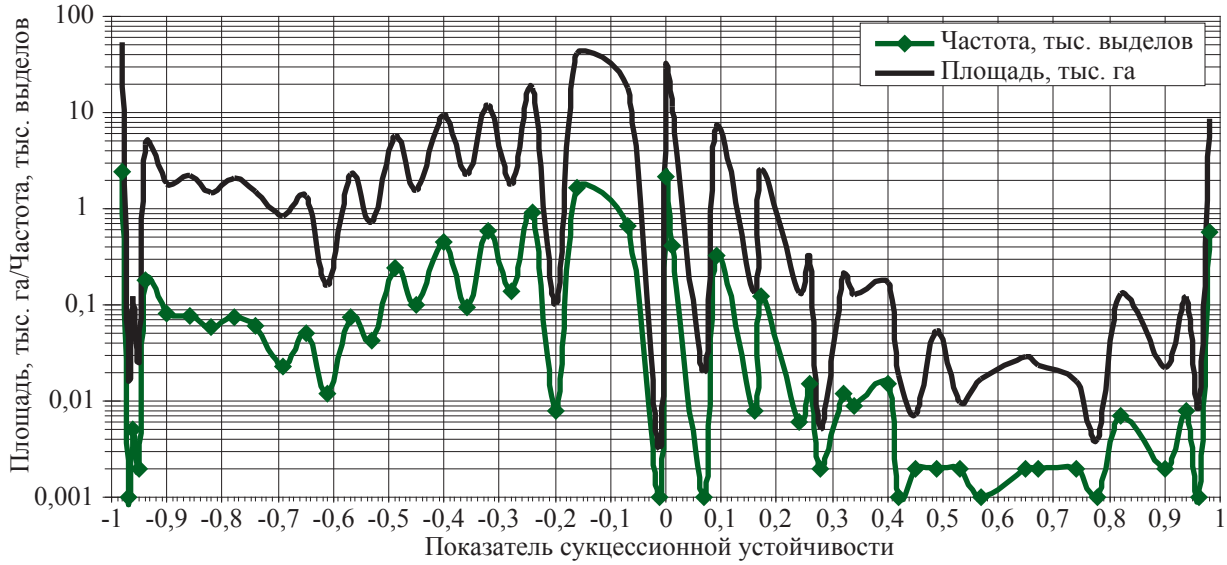


Рис. 3. распределение площадей лесных земель Воробьевской дачи Эдучанского лесхоза Иркутской области в зависимости от показателя сукцессионной устойчивости насаждений (частота и площади отражены в логарифмической шкале)

ной устойчивости может принимать значения в интервале от нуля до единицы в зависимости от возраста лиственного полога насаждения, условия будут определять знак, под которым окажутся значения. К условиям относится: ($A_{лі}$–$A_{лд}$) – возраст лиственного полога ($A_{лі}$) больше, меньше или равен возрасту его распада ($A_{лд}$); G_i отражает, прослеживается ли смена коренных пород пионерными, если насаждение присутствует (при положительной величине – смена пород есть, при отрицательной – нет) при отсутствии насаждения (G_i = 0) – результирующее значение C_i обнуляется. Таким образом, C_i является оценочной величиной и отражает, как возрастные и породные характеристики насаждения вли-

Таблица 3

Разные варианты интервальные результирующих значений формулы (1) для различных условий

Вариант	№	$A_{лd}$	$A_{лi}$	$A_{лi}–A_d$	G_i	C_i	$C_i = 0$
Хвойные чистые или смешанные насаждения	1	a_d	0	–	–	(0;1)	нет
	2	a_d	0	–	–	(0;1)	нет
	3	a_d	0	–	–	(0;1)	нет
Лиственные чистые или смешанные насаждения	4	a_d	$> a_d$	+	–	(–1;0)	нет
	5	a_d	$< a_d$	–	–	(0;1)	нет
	6	a_d	$= a_d$	0	–	(–1;0)	нет
Хвойно-лиственные смешанные насаждения	7	a_d	$> a_d$	+	+	(0;1)	нет
	8	a_d	$< a_d$	–	+	(–1;0)	нет
	9	a_d	$= a_d$	0	+	(0;1)	нет
Насаждения отсутствуют	10	a_d	0	–	0	0	да
	11	a_d	0	–	0	0	да
	12	a_d	0	–	0	0	да

яют на показатель экологической ценности *i*-го участка лесных земель (выдела) эксплуатационных лесов Среднего Приангарья (рис. 3).

В конечном итоге можно отметить, что из исследуемых 243018 га лесных земель по разным причинам (табл. 1) 11,9 % с отсутствием древостоев, 75,2 % площади покрыты насаждениями в разной степени подверженными сукцессиям, из которых 21,9 % – в начальной стадии, 16,9 % – в стадии, близкой конечной. Запасом устойчивости к смене пород обладают 13,1 % лесных земель, в процентном отношении к общей площади, в данном случае в соответствии каждому значению показателя сукцессионной устойчивости насаждений, сумма площадей не превышает 5 %.

Итак, при дальнейшей разработке экологических коридоров в эксплуатационных лесах Приангарья может быть использовано 13 % лесных земель от общей площади, что составляет 31,783 тыс. га, расположенных на 1524 выделах.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Лесоведение: учебник, 4-е изд. / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2007. – 372 с.
2. Исаев, А.С. Сукцессионные процессы в лесных сообществах: модели фазовых переходов / А.С. Исаев, В.Г. Суховольский, А.И. Бузыкин и др. // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – № 1–2. – С. 9–15.
3. Guidelines for the development of the Pan-European Ecological Network. Adopted by the Council for the Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy (STRA-CO) on 21 April 1999.

МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И.П. ВОЗНЯЧУК, *с. н. с. сектора мониторинга растительного мира ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси», канд. биол. наук*

ipv@tut.by

Важнейшей природоохранной задачей, направленной на сохранение и восстановление биологического разнообразия и генофонда страны, является охрана редких и исчезающих видов растений и животных. Первый этап работы – выявление видов растений, подлежащих охране в республике, завершен. В третье издание Красной книги Республики Беларусь (2005) включено 274 вида представителей флоры страны (включая грибы). При этом в Беларуси произрастают 39 видов растений, имеющих статус охраняемых в Европе.

Стратегия сохранения видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, предусматривает охрану их конкретных популяций. В связи с этим должна проводиться целенаправленная работа по оценке современного жизненного состояния этих популяций для последующего изучения динамики популяционных процессов, что позволит прогнозировать перспективы развития конкретных популяций, аргументированно обосновывать мероприятия по их поддержанию (сохранению) и, при необходимости, по расширению их границ и восстановлению численности особей с учетом выявленных и потенциальных негативных факторов среды обитания. Эти исследования являются основной составляющей частью мониторинга охраняемых видов растений (далее – МОВР), который может рассматриваться как одна из практических мер реализации стратегии сохранения охраняемых видов растений.

В Беларуси эколого-биологические исследования популяций редких видов дикорастущей флоры до последнего времени не были интегрированы в государственные программы и носили по этой причине несистемный, нерегулярный характер. В 2006 г. в соответствии с инструкцией «О порядке проведения мониторинга растительного мира» МОВР включен отдельным направлением в блок «Мониторинг растительного мира» Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь (далее – НСМОС) и относится к приоритетному направлению фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг.

К задачам МОВР относятся:

– оценка динамики численности и состояния популяций охраняемых видов растений и грибов;

– выявление факторов, отрицательно влияющих на состояние и динамику популяций охраняемых видов растений и грибов;

– прогноз изменения популяций охраняемых видов растений и грибов, а также среды их обитания;

– оценка эффективности принятых мер по охране видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, и разработка (при необходимости) предложений по улучшению экологической ситуации в местах их произрастания;

– накопление результатов мониторинга и их предоставление заинтересованным лицам и организациям.

МОВР осуществляется на постоянных пунктах наблюдений (далее – ППН). При выделении ППН и формировании его сети учитываются следующие принципы:

– приоритетность охвата сетью МОВР популяций видов растений и грибов, подверженных наибольшему риску исчезновения (I–III национальной природоохранной значимости);

– пространственная равномерность охвата сетью ППН популяций каждого конкретного вида;

– репрезентативность сети ППН в отношении совокупности известных местонахождений конкретного охраняемого вида;

– репрезентативность ППН в отношении величины наблюдаемой популяции вида, что достигается полным включением популяции в границы ППН, или, в случае значительного размера популяции, репрезентативностью вошедшей в состав ППН части популяции;

– репрезентативность ППН в отношении эколого-фитоценотических условий произрастания, характерных для каждого охраняемого вида;

– размещение ППН прежде всего на заповедных территориях (ненарушенных или слабо нарушенных);

– перспективность популяций в биологическом отношении для видов III–IV созологических категорий (основные характеристики: многочисленность, успешность возобновления).

Программа МОВР охватывает 274 вида (сосудистых растений – 173 вида, мохообразных – 27, водорослей – 21, лишайников – 24, грибов – 29), степень риска исчезновения которых определяется четырьмя категориями национального природоохранного статуса (национальной природоохранной значимости).

Проектная численность ППН определяется отдельно по каждому виду растения, исходя из степени его уникальности для территории Беларуси, степени угрозы существованию его популяций, транспортной доступности и наличия материальных ресурсов. Совокупность ППН образует сеть МОВР. Расчетная мощность сети МОВР, исходя из общей численности охраняемых видов растений и их известных популяций, составляет 550–600 ППН.

Постоянные пункты наблюдения мониторинга охраняемых видов растений организуются, как правило, в границах ценотической популяции (ценопопуляции – ЦП) вида, т.е. части популяции вида в границах растительного сообщества (фитоценоза).

Формат проведения наблюдений включает характеристику местоположения ППН и привязку его к местности; характеристику экотопических и фитоценотических условий обитания вида, подлежащего мониторингу, с оценкой категории и степени проявления негативных воздействий на ее состояние и среду обитания; оценку состояния ЦП.

К основным показателям, характеризующим состояние ЦП, относятся:

– занимаемая площадь;

– численность (количество особей, клонов, парциальных кустов или иных счетных единиц в зависимости от вида растения) и/или плотность;

– проективное покрытие;

– обилие особей;

– обилие цветения (или плодоношения);

– мощность генеративных особей (высота растения, размеры листьев и т.д.);

– характер размещения вида в сообществе;

– возрастной (онтогенетический) спектр ЦП;

– тип ЦП по онтогенетическому составу;

– поврежденность растений с оценкой характера повреждения;

– жизненность ЦП.

Наблюдения проводятся с интервалом 1–5 лет в зависимости от состояния конкретных популяций, характера и степени негативного воздействия на них, биологических особенностей вида; периодичность на конкретных ППН устанавливается при проведении наблюдений.

Сведения о состоянии ЦП на ППН накапливаются в виде базы данных пунктов наблюдений (реестра) в соответствии с Положением о государственном реестре пунктов наблюдений НСМОС. Ведение реестра осуществляет главный информационно-аналитический центр НСМОС. Порядок представления информации о количестве и местонахождениях пунктов наблюдений мониторинга и их регистрации в Государственном реестре пунктов наблюдений НСМОС устанавливается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

За период развития этого направления мониторинга заложено 130 ППН, охватывающих 70 видов сосудистых растений и 1 вид мохообразных (рисунок).

Основными факторами угрозы для исследованных ЦП и мест их произрастания являются: природные сукцессии, рекреация, лесные пожары, рубки леса. В большинстве случаев степень негативного влияния на состояние популяции оценивается баллом 1 или 2. При уровне воздействия, оцененном баллом 1, реальной угрозы состоянию ЦП не создается, при степени негативного воздействия с оценкой 2 возникают предпосылки постепенной деградации ЦП, однако при снятии фактора угрозы возможно ее восстановление. Однако на некоторых участках произрастания охраняемых видов существующие факторы воздействия (антропогенного и природного характера) создают угрозу деградации объектов мониторинга. При наличии угрозы состоянию ЦП с баллом 2 и выше предложены практические меры, по снятию/снижению воздействия негативных факторов на условия среды произрастания охраняемых растений.

В целях создания нормативной и методической базы для разработки конкретных научно обоснованных мероприятий по сохранению редких видов растений и восстановлению их численности в Институте экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Бела-

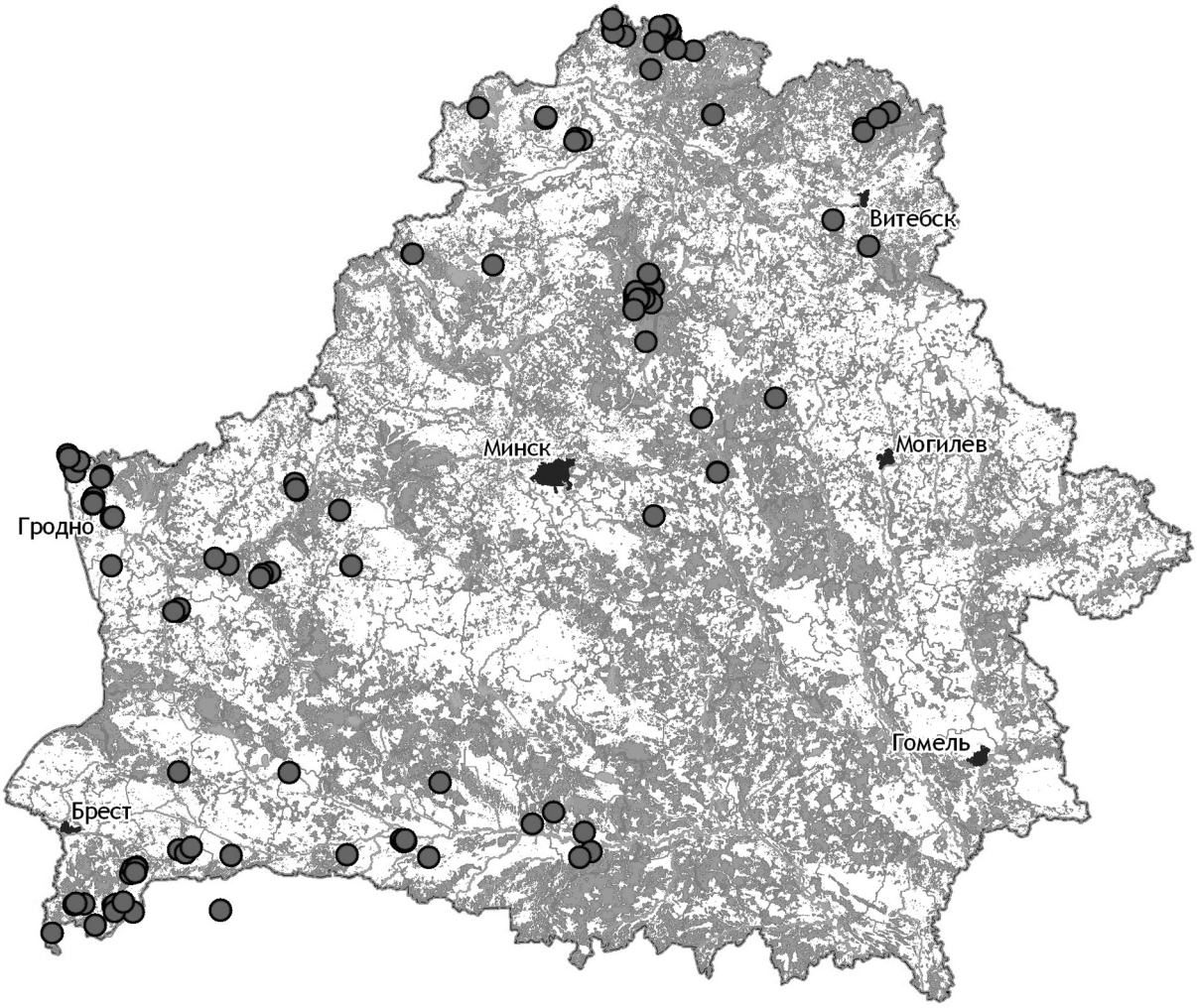


Рисунок. Сеть пунктов наблюдений (ППН) мониторинга охраняемых видов растений (на 1.01.2010 г.)

руси подготовлены методические указания «Разработка мероприятий и планов действий по сохранению редких и находящихся под угрозой уничтожения видов растений в условиях Беларуси» (далее – План действий).

План действий – комплексный документ рекомендательного характера, содержащий характеристику вида растения, в отношении которого он составлен, а также перечень конкретных мероприятий, направленных на поддержание и расширение существующих популяций, восстановление и увеличение их численности с учетом фактически выявленных и потенциальных угроз.

Очередность составления «Планов действий», главным образом, определяется категорией национального природоохранного статуса конкретного вида растений, т.е. степенью его уязвимости. В первую очередь составления таких планов требуют виды I и II категорий охраны, имеющие высокую степень риска исчезновения. В дальнейшем эти мероприятия следует распространить на виды III категории и отдельные популяции видов IV категории, которым угрожает гибель. Отклонения от этого общего положения могут быть связаны с особенностями жизненной формы растений (так, дерево, кустарник – многолетние, более устойчивые и менее подверженные негативным воздействиям формы по сравнению с травами), нахождением популяций вида на существующих особо охраняемых территориях и уже принятыми эффективными мерами охраны, уточнением степени риска исчезновения вида по результатам мониторинга и др.

После разработки и утверждения Министерством природных ресурсов и охраны

окружающей среды «План действий» направляется:

1) территориальным органам Минприроды, в зоне ответственности которых находятся популяции вида;

2) землепользователям, на чьих землях они расположены, для организации его выполнения;

3) Национальной академии наук Беларуси для участия в его выполнении и оказания, по необходимости, консультационной и иной помощи землепользователям и органам Минприроды;

4) органам государственного управления, в ведении которых находятся землепользователи;

5) Государственной инспекции по охране животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь для сведения и оказания содействия в его выполнении.

Внедрение «Планов действий» в практику природоохранной деятельности позволит поставить на практическую основу работу по восстановлению численности и сохранению популяций «краснокнижных» видов растений и их местообитаний, даст возможность вернуть часть из охраняемых видов сегодня в число эксплуатируемых хозяйственно полезных, устойчиво использовать в хозяйственных целях территории, на которых они произрастают, а также повысить эффективность контроля за соблюдением режимов и требований к охране редких видов.

Таким образом, результаты мониторинга служат основой для обеспечения государственных органов и заинтересованных лиц достоверной и своевременной информацией о состоянии популяций охраняемых видов растений и грибов, необходимой для принятия оперативных управленческих решений в области сохранения биологического разнообразия растительного мира, разработки научно обоснованных рекомендаций по их практической охране. Материалы мониторинга должны быть востребованы при установлении режимов землепользования для территорий, на которых произрастают редкие и исчезающие растения, а также целей государственного контроля за состоянием объектов растительного мира.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЗОПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ В УРБОЭКОСИСТЕМЕ г. БРАТСКА

И.И. ГАВРИЛИН, *асп. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ,*
Е.М. РУНОВА, *проф. каф. лесоинженерного дела Братского ГУ, д-р с.-х. наук*

gavr_lcf@bk.ru, runova@rambler.ru

Вопросы санитарно-гигиенической комфортности городской среды теснейшим образом связаны с газоустойчивостью древесных растений и их главной экологической функцией – выполнением роли «зеленого фильтра» – позволяющей осуществлять аккумулирование поллютантов из воздуха и почвы. Комплексные исследования газоустойчивости, поглотительной и пылеадсорбирующей способностей древесных растений в их взаимосвязи и в условиях города не проводились [1].

Древесные растения являются не только важнейшими компонентами урбоэкосистем, но и осуществляют непрерывный газообмен с окружающим их воздухом. Тем самым они удовлетворяют свои потребности в биогенных газах и одновременно служат активным двигателем круговорота углекислоты, кислорода, водяного пара и тем самым стабилизируют химический состав атмосферы.

Листья растений имеют сложную геометрическую формулу. Они обеспечивают регулирование газообмена через устьица и кутикулярные покровы. Если до последнего времени считали, что устьичный газообмен является основным, то в последнее время получен ряд данных, свидетельствующих о важной роли в этом процессе эпидермальных тканей [2].

Кутикулярный и восковой покровы листьев представляют собой расчлененное об-

разование, пронизанное глубоко разветвленной сетью микроканальцев. Благодаря такому строению листовых покровов многократно повышается поверхность взаимодействия их с атмосферным воздухом, расширяется объем поглощаемых ими газов и водяного пара. Следовательно, чем более глубоко расчленена поверхность листьев, при прочих равных условиях, тем выше ее газопоглощающая способность.

На поверхности листьев адсорбируются из окружающего воздуха молекулы воды, фтористого водорода, окислы серы, азота, фосфора и другие газы. Этот процесс протекает самопроизвольно и в каждый момент направлен на установление концентрационного равновесия каждого из газообразных компонентов в воздухе и на поверхности листа. Поэтому непрерывно идет сорбция и десорбция газов листьями, следуя за изменением концентрации их в окружающем воздухе [3].

Воздухоочистная способность растений первоначально оценивалась по количеству накапливаемых ими токсических веществ к концу вегетационного периода. В дальнейшем выяснилось, что поглощаемые из воздуха вещества не просто фиксируются во внутренних тканях листьев, а мигрируют по растению, выделяются в воздух, почву, а также вымываются дождевой водой [4].

Адсорбированные на поверхности листа газы почти полностью удаляются водой, обмывающей ее в течение 3-х мин. Отсюда следует вывод, что содержание в листьях веществ, загрязняющих атмосферный воздух, весьма изменчиво, и определяется в каждый конкретный момент соотношением интенсивностей поглощения и удаления их из листьев.

Исследования проводились в лесных массивах урбоэкосистемы Братска, находящейся под влиянием выбросов Братского алюминиевого завода (БрАЗ) и Братского лесопромышленного комплекса (БЛПК). Деревья на исследуемой территории наиболее подвержены воздействию диоксида серы и соединений фтора. К основным породам деревьев в урбоэкосистеме Братска относятся: сосна обыкновенная *(Pinus silvestris L.)*, лиственница сибирская *(Larix sibirica Ldb.)*, тополь бальзамический *(Populus balsamifera)*, тополь лавролистный *(Populus lavrifolia)*, береза повислая *(Betula pendula)*,береза пушистая *(Betula pubescens Ehrh)*, осина *(Populus tremula L.)* и другие.

Главным фактором, определяющим степень повреждения древостоев промвыбросами, является удаленность их от источника загрязнения. Но в районе города Братска строгого соответствия степени повреждения от расстояний до источника промвыбросов нет. Причиной такого явления служит неравномерность распределения концентрации вредных веществ в воздухе, а также горный рельеф местности [5]. Поэтому большая часть урбоэкосистемы Братска прилегает к санитарно-защитной зоне алюминиевого завода и является ареалом прямого токсического воздействия выбросов. В связи с изменением направления преобладающих ветров площадь прямого токсического воздействия значительно расширяется [5].

Установлено, что суммарная величина накопления токсических веществ из воздуха полноценным таежным древостоем на площади 1 га и в течение вегетационного периода (май–сентябрь) составляет 8–10 кг соединений фтора, серы, и других атмосферных загрязнителей. С учетом периодического выпадения осадков, которые вымывают 25–95 % накопленных листьями вредных газов, суммарный газопоглощающий эффект древостоя повышается в несколько раз и достигает 80–100 кг [6].

Было проведено исследование по определению потенциальной и реальной газопоглотительной способности листьев. Для выявления зависимости реальной и потенциальной газопоглотительной способности древесной растительности использовались 7 видов деревьев. Потенциальная адсорбционная емкость листьев означает такое количество молекул вещества, которое удерживается на его поверхности в расчете на единицу абсолютно сухого веса и единицу площади. Листья брались из средней части кроны вблизи БрАЗа в десятикратной повторности. Каждый лист погружался на 5 мин в 0,3 М раствор фтористого натрия. Листья обсушивались фильтрованой бумагой и помещались на 3 мин в дистиллированную воду. Активность

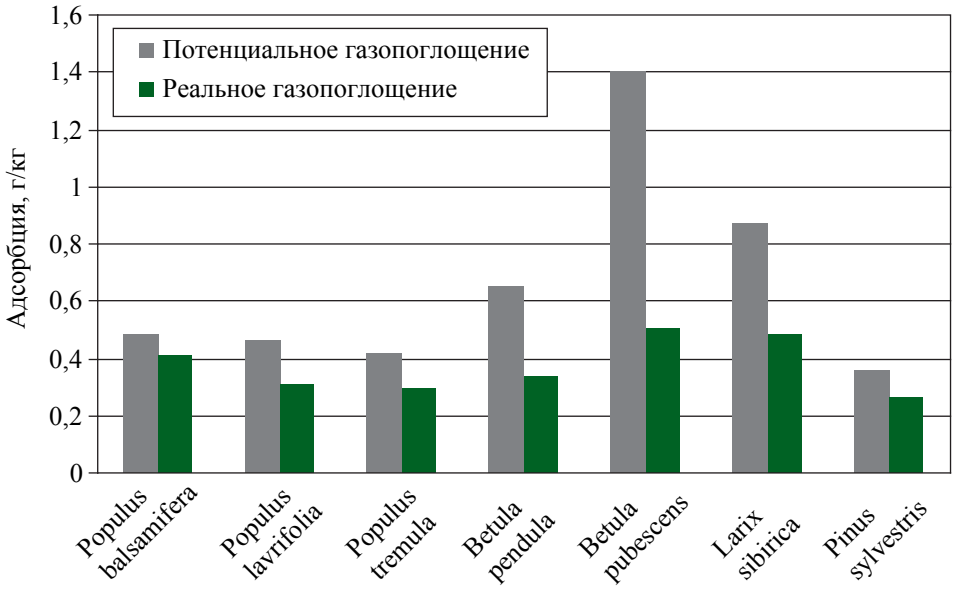


Рис.1. Адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединение фтора и серы вблизи БрАЗа. Июль, 2009 г.

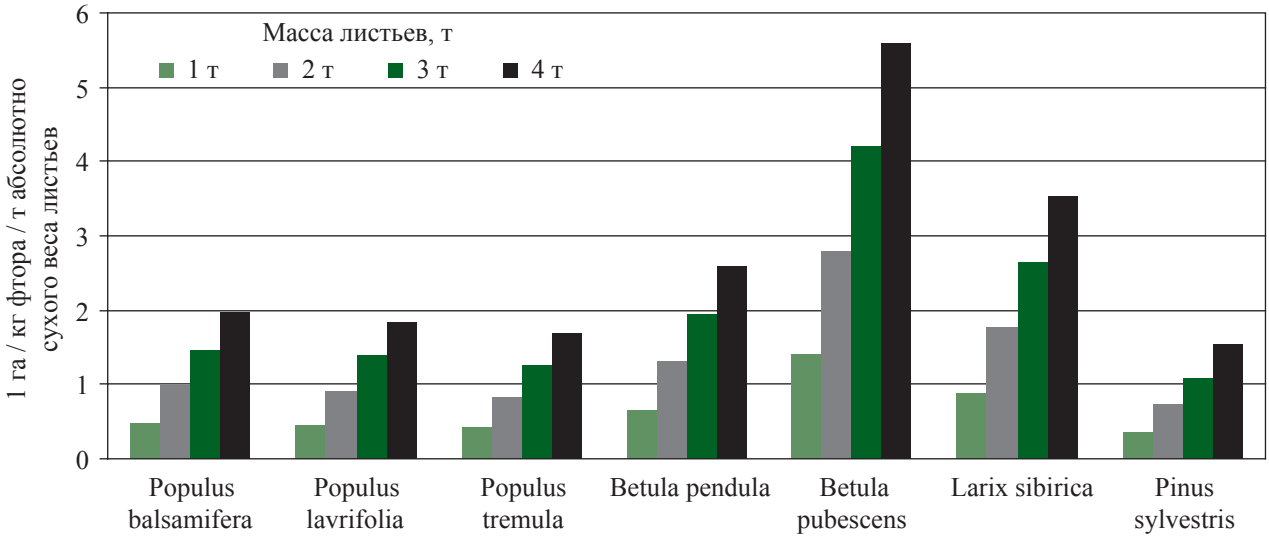


Рис. 2. Потенциальная газопоглотительная способность древесных растений в зависимости от массы листьев на 1 га /кг фтора/ т абсолютно сухого веса листьев

ионов фтора определялась в стандартном забуференном растворе потенциометрическим методом с помощью фтор-селективного электрода. Расчеты производились по калибровочному графику [8].

Реальная газопоглотительная способность растений определялась тем же методом у экспонированных в дымовом факеле БрАЗа листьев в течение 15–20 мин после предварительного удаления с них марлевым тампоном осевших пылевидных частиц. Полученные таким способом данные представлены на рис. 1 и 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что адсорбция фтора у всех испытанных видов близка по величине и составляет от 0,36 до 0,65 г/кг абсолютно сухого веса. Исключение составляют хвоя лиственницы, отличающаяся более развитой поверхностью, и листья березы пушистой, формирующие на своей поверхности опушение, что значительно увеличивает адсорбционную поверхность.

Сопоставление потенциального и максимально возможного поглощения газообразных фторидов в зоне интенсивного задымления, создаваемого дымовыми потоками,

поступающими на территорию предприятия через фонари корпусов, показывает, что полученные величины близки и растения находятся на пределе своих газопоглощающих возможностей. Если принять, что дымовой факел распространяется от предприятия в приземном слое воздуха и несет 120 кг газообразных фторидов [5], то одноразово их могут поглотить сосново-лиственничные древостои на площади в 100 га, при условии, что они несут 2 т листьев на 1 га, и осиново-березовые молодняки, несущие 1 т листьев на площади около 200 га. В случае температурной инверсии или штиля и насыщения поверхности листьев газообразными веществами для улавливания газов необходимы дополнительные лесные массивы. В этих случаях площадь тайги, способная поглотить из воздуха загрязняющие вещества, возрастает в столько же раз, во сколько увеличивается продолжительность пребывания дымового потока у земной поверхности. Для поглощения фторидов из воздуха, выбрасываемых предприятием в течение 1 часа, требуется 100 га леса, а для случаев температурной инверсии сосредоточения выбросов у земной поверхности в течение 5 час – уже 600 га. Но в районе Братска бывают случаи многодневного распространения дымовых выбросов БрАЗа, БЛПК и предприятий теплоэнергетики вблизи земной поверхности. В таких условиях предельное единовременное поглощение газов листьями может быть осуществлено тайгой на площади многих тысяч гектаров.

Зеленые растения на территориях промышленных площадок и санитарно-защитных зон, кроме декоративной, выполняют важную санитарно-гигиеническую функцию, являясь зеленым фильтром. Поэтому при озеленении промышленных объектов следует учитывать устойчивость растений к фитотоксикантам и их газопоглотительную способность, т.е. способность накапливать в тканях фитотоксиканты, утилизировать или обезвреживать их. Чем больше газопоглотительная способность растений, тем эффективнее они выполняют функцию очистки воздуха от загрязнения. Уровень загрязнения среды снижается при создании зеленых насаждений в санитарно-защитных зонах [7].

Как следует из рис. 2, с увеличением олиственности древостоев сокращается площадь леса, способная поглотить поступающие промышленные выбросы.

Поглощенные листьями газы постепенно десорбируются в окружающий их воздух и тем самым создают вторичное загрязнение. При вторичном загрязнении атмосферы концентрация газов не достигает токсической для человека и растений концентрации.

Воздухоочистная способность растений в значительной мере зависит от газового состава атмосферы. При наличии в воздухе нескольких газов, как в районе Братска, адсорбция каждого из них поверхностью листьев определяется парциальным давлением каждого из них. Поэтому указанные площади тайги для того, чтобы поглотить и обезвредить соединения фтора, сернистого газа и других ингредиентов, должны быть увеличены в соответствующее количество раз.

Осаждение растениями из воздуха аэрозольных частиц в рассматриваемом районе не составляет проблемы ввиду отсутствия мощных источников таких выбросов. В условиях Братска, согласно данным Центральной гидрометеорологической обсерватории города, максимальное количество выпадающих твердых фтористых соединений на земную поверхность в районе влияния промышленных предприятий г. Братска в среднем составляет около 1 т/км^2, а естественный фон выпадения фторидов – 130 кг/м^2. Таким образом, пылеосаждающая способность древостоев Братска используется лишь частично.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Изучена реальная и потенциальная поглотительная способность древесных растений г. Братска в экспериментальных условиях. Обнаружены существенные различия в поглощении загрязняющих веществ у различных видов растений в зависимости от массы листьев.

Выявлена адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединений фтора и серы вблизи алюминиевого завода.

Установлено, что адсорбция фтора у всех испытанных видов составляет 0,36 – 0,65 г/кг абсолютно сухого веса.

Изучено потенциальное и максимально возможное поглощение газообразных фторидов в зоне интенсивного задымления алюминиевого завода. Показано, что растения находятся на пределе своих газопоглощающих способностей.

На основании экспериментальных данных установлено, что с увеличением олиственности древостоев сокращается площадь леса, способная поглотить поступающие промышленные выбросы.

Установлено, что пылеосаждающая способность древостоев урбоэкосистемы Братска используется лишь частично.

Функционирование древесной растительности в условиях урбоэкосистемы, подверженной промышленному загрязнению, а также выполнение декоративной и санитарно-защитной функции могут эффективно осуществлять только растения, обладающие более высокой продуктивностью, большой поверхностью листьев и большим объемом газопоглощения и пылеосаждения. Проведенные исследования показали, что растения выполняют важную гигиеническую функцию в урбоэкосистеме Братска, однако накопление фитотоксикантов листьями растений в значительной степени зависит от видовой специфики и устойчивости. Поэтому для повышения устойчивости местных пород одним из основных методов является подбор ассортимента устойчивых растений. Для снижения уровня загрязнения урбоэкосистемы Братска также следует большое внимание уделять поиску перспективных газоустойчивых видов и созданию из них зеленых насаждений в санитарно-защитной зоне предприятий.

Библиографический список

1. Чернышенко, О.В. Поглотительная способность и газоустойчивость древесных растений в условиях города / О.В. Чернышенко. – М.: МГУЛ, 2002. – 120 с.
2. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский.– Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
3. Илькун, Г.М. Газоустойчивость растений / Г.М. Илькун.– Киев: Наук. думка, 1971. – 146 с.
4. Гетко, Н.В. Газопоглотительная способность листьев деревьев и кустарников / Н.В. Гетко // Растения и промышленная среда: сб.ст.– Киев: Наук. Думка.– 1968.– Вып. 1. – С. 112–115.
5. Рунова, Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья / Е.М. Рунова. – Братск: БрИИ, 1999. – 108 с.
6. Рунова, Е.М. Некоторые особенности газопоглотительной способности деревьев в урбоэкосистеме г. Братска / Е.М. Рунова, И.И. Гаврилин // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы VII Всерос. науч.-техн. конф.– Братск: БрГУ, 2010.– С. 167–168.
7. Шапошников, А.П. Роль зеленых насаждений в борьбе с промышленными выбросами / А.П. Шапошников, Н.В. Бобохидзе // Труды ин-та / Новочеркас. инж.-мелиор. ин-т. – 1977. – № 3 – С. 17–23.
8. Jacobson, J.S. Selective ion electrode analysis of fluoride in vegetation / J.S. Jacobson, L.I. Heller// Proc. of the Second Int. Clean Air Congr.– New York a. London. – 1971. – P.459–462.

КЛЕН МЕЛКОПИЛЬЧАТЫЙ – ЭНДЕМИК О. ТАЙВАНЬ КАК ЦЕННЫЙ ДРЕВЕСНЫЙ И ДЕКОРАТИВНЫЙ ВИД НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАВКАЗА (ЧПК)

Е.Ф. ДЖАКОНИЯ, *мл. н. с. Института ботаники Академии наук Абхазии*

gunda_67@mail.ru

Остров Тайвань (Формоза) вместе с прилегающими к нему Пескадорскими островами и 79 малыми островками образует единый географический регион [2]. Сам остров, площадью около 35,7 км^2, вытянут с северо-востока на юго-запад на 394 км, почти в меридиальном направлении. Максимальная ширина около 140 км.

Территория Тайваня отличается сложным рельефом. Около двух третей его поверхности занимают горы высотой более 1 тыс. м над у.м. [1].

Остров Тайвань, подобно Южному Китаю, расположен в зоне, переходной от субтропической к тропической. Северный тропик пересекает остров почти посередине. Однако островное положение, а также горный характер ландшафта обусловили многообразие климата (от умеренного до тропического) и характер распространения растительного покрова острова по направлению от равнин к горным вершинам и от севера к югу. Остров богат разнообразием дендрофлоры, которая содержит более 1100 видов и разновидностей древесных растений, в том числе 6 видов рода клен. Из них наибольший интерес для интродукции на ЧПК представляет клен мелкопильчатый (*A. serrulatum* Hayata).

В 1997 г. профессор С.М. Бебия, побывав с экспедицией на о. Тайвань, завез семена некоторых видов клена в Институт ботаники АНА (ИБ АНА).

Полученные из этих семян саженцы клена мелкопильчатого в 1999г. были высажены 1 экземпляр в коллекцию растений Ботанического сада Института ботаники АНА, другой экземпляр был передан в Дендрарий Института горного лесоводства и экологии леса (НИИГорЛесЭкол, г. Сочи). В настоящее время оба экземпляра растут нормально.

Данный вид является новым для Черноморского побережья Кавказа, поэтому мы приводим здесь его подробное ботаническое описание, составленное по литературным данным [3], а также по нашим наблюдениям в условиях интродукции.

A. serrulatum Hayata – клен мелкопильчатый, эндемик, широко распространен в лесах нижней и средней части острова Тайвань.

Дерево до 20 м высоты с ценной древесиной. Листья дланевидные, имеющие 5, очень редко 3–4 доли. Доли треугольно-овальные или треугольно-ланцетные, усеченно сердцевидное основание, округлые по краю, 3,5–12 см длины, 4,5–16,5 см ширины, гладкие с обеих сторон, городчато-зубчатые; черешок гладкий, 3–7,5 см дл., иногда красноватый сверху.

Цветки мелкие, собраны в верхушечные соцветия зонтиковидный щиток; ось соцветия 3–5 см дл., гладкая; цветоножки 6 мм дл.; чашелистиков 5, округло-продолговатых, 2 мм дл., они опушены с наружной стороны, волосками, направленными кверху, реснитчатые по краям; тычинок 8.

Пестичные цветки: стаминодиев 5–8, пыльники удлиненные, 1 мм дл., овальные опушенные, тычиночная нить 1 мм дл., столбиков 2,2 мм длины, соединенных у основания.

Тычиночные цветы: 6 мм в диаметре, чашечка 4 мм дл., пыльники продолговатые.

Крылатки: каждое семя с крылом 1,8–2,5 см дл.; нижний угол между двумя крылатками составляет 105–140° [3].

Почки мелкие, красновато-бурые, приплюснуто-округлые 4 мм длиной и 3 мм шириной.

В Ботаническом саду ИБ АНА в возрасте 11 лет его высота составляет 9 м с диаметром ствола на уровне груди 15 см. Крона раскидистая, диаметром 7 × 7 м. Рост и развитие хорошее. Побеги голые. Кора от серо-зеленого до зеленого цвета (рис. 1). Впервые зацвел в возрасте 9 лет, но, к сожалению, семена не завязались. В 2010г., в возрасте 11 лет, наблюдается обильное цветение и плодоношение. По устному сообщению сотрудников НИИГорЛесЭкол, высаженный у них экземпляр данного вида клена также растет и развивается успешно. С 2009г. начал плодоносить и дал всхожие семена.

В первые годы жизни годичный прирост по высоте составлял более 1 м, на 4 году дерево достигло высоты около 5 м с диаметром ствола 5 см и проявляло себя как полувечнозеленое. Ветви не успевали одревесневать за зиму, ствол наклонялся, приходилось подпирать его. Однако в последующие годы ствол стал выпрямляться и в настоящее время растет нормально, хотя молодые верхушечные побеги по-прежнему не успевают одревесневать. Листья стали опадать, хотя и поздно (20 декабря).

По нашим наблюдениям, окраска листьев меняется 14 раз в течение вегетационного периода, 6 – весной и 8 раз – осенью.

Весенняя окраска листьев: при распускании листья темно-бордового цвета (15.03–

10.04), после завершения облиствления (8.04–18.04) листья меняют цвет, бледнеют до блекло-бордового (вишневого); затем буреют (25.04), потом меняют окраску на зеленовато-бурую (30.04), постепенно верхняя часть листа становится зеленой, а нижняя по-прежнему остается розовой (20–25.04), постепенно (к 1–8.06.) все листья становятся зелеными.

Осенняя окраска: (29.11–3.12) – листья по краям зеленые, а по жилкам начинают желтеть, постепенно (к 5.12) листья желтеют, потом становятся горчичного цвета, затем (8.12) посередине лист оранжево-желтый, а по краю бордовый, к 10.12 – краснеют, (14.12) листья ярко-бордового цвета, у некоторых по краю фиолетовый ободок, затем (16.12-20.12) окраска становится коричневой, после чего начинается листопад (рис. 2).

Окрашивается листва осенью очень быстро, за две недели с растением происходят быстрые метаморфозы. В целом осенью дерево выглядит следующим образом: верхний ярус – ярко-красные листья, затем идут оранжево-красные, а некоторые с фиолетовым оттенком, средний ярус – желто-оранжевые, желто-зеленые и зеленые с розоватыми жил-

Рис. 1. Клен мелкопильчатый

Рис. 2. Клен мелкопильчатый, осенняя окраска листьев

ками листья и наконец самый нижний ярус – зеленый.

Судя по состоянию роста и развития, а особенно по декоративным свойствам, данный вид может быть вполне перспективным для использования в озеленении субтропической зоны Абхазии и всего ЧПК, а также для разведения в лесных культурах как быстрорастущая, ценная древесная порода.

Библиографический список

1. Бебия, С.М. Эколого-географические особенности голосеменных растений / С.М. Бебия, Ж. Дебреци, И.О. Рац. – Тайвань: Бюлл. МОИП. Отд. биология, 2000. – Т. 105. – Вып. 3. – С. 45–51.
2. Чжуан-да, У. Тайвань Географический очерк / У. Чжуан-да. – М.: 1959. – 329 с.
3. Flora of Taiwan. Taipei, Taiwan, Roc. – 2nd ed., Vol. 3. – 1993. – p. 594 – 598.

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ

В.Д. ЖУРОВ, *Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН*

zhurov.vasily@gmail.com

Слово экспозиция происходит от латинского «expositio» – выставлять и означает в широком смысле любую совокупность предметов, специально выставленных для обозрения. В ботаническом саду под предметом, выставленным на обозрение, необходимо понимать как непосредственно растение, так и окружающее его пространство – особенно в случае ландшафтных экспозиций. Хотя и для коллекционных участков пространство вокруг растения имеет большое значение – солитер, группа и т.д. Экспозиционная работа – одно из направлений деятельности ландшафтного архитектора в ботаническом саду, основа которой в грамотном проектировании экспозиции и выработке методологии ее содержания. Также необходимо учитывать множество факторов, влияющих на создание и содержание оформляемой территории: экологические – климат, почвы, местная флора и т.д., антропогенные – потоки посетителей, рекреационная нагрузка, общая культура населения, экономические – бюджет, выделенный на создание экспозиции, затраты на содержание, окупаемость, возможность развития и т.д.

Классификация экспозиций до определенной степени условна, и в процессе создания ее нужно руководствоваться не только теоретической базой, но и реальными условиями местности, научными и общественными требованиями и т.д. В то же время данная классификация позволяет выделить определенные группы экспозиций, схожих как по подходам к проектированию, так и по основам их содержания.

В качестве примера классификации предлагается следующая градация.

1. Ботанические экспозиции

Ботаническая экспозиция – это территория, на которой коллекция растений экспонируется по систематическому принципу в родовых комплексах, по возможности объединенных в семейства. Состав и строение таких экспозиции весьма многообразны в силу различных экологических и физиологических свойств каждой отдельной рассматриваемой группы растений. Такие экспозиции интересны как специалистам, так и простым посетителям сада.

Наибольшее распространение получили дендрарии и арборетумы, обычно они занимают значительную часть территории сада. Например, в ГБС РАН дендрарий составляет 43 % от общей площади экспозиций, в Никитском ботаническом саду 88 % от общей площади экспозиций. В них отводится основная площадь под участок местной флоры, остальную часть занимают коллекции различных систематических групп. Построение композиций в подобного рода насаждениях преимущественно выполнено с учетом общепринятых правил и норм проектирования больших парков – аллеи, поляны, солитеры, группы. Все эти приемы используются для демонстрации растений. Редкие интродуценты акцентируются с помощью композиционных решений. На-

пример, солитер или группа, составленная из нескольких «фоновых» растений, и как акцент добавляется редкий интродуцируемый экземпляр. Важнейшим показателем, по которому размещаются растения, служит экологическая ниша, которую они занимают в природе. В ботаническом саду необходимо создавать эти условия для успешного произрастания интродуцируемых растений.

2. Опытно-селекционные экспозиции

Опытно-селекционная экспозиция – это территория, отведенная под экспериментальные посадки растений, апробации научных исследований ботаников, селекционеров и др. Имеют в основном сугубо научный интерес, так как на них можно наблюдать исключительно научные процессы: выведение новых сортов, введение новых культур в условия той местности, где находится ботанический сад и т.д. Эти экспозиции необходимо отделить от основной территории сада – ограничить доступ посетителей. Присутствие на подобной экспозиции посетителей без куратора может нанести существенный вред научно-исследовательской работе. Располагаться они должны вдали от прогулочных маршрутов.

3. Растениеводческие экспозиции

Растениеводческие экспозиции – это экспозиции, демонстрирующие достижения отечественной и зарубежной селекций растений. Коллекции создаются в основном по систематическому признаку. Имеют цель показать посетителю многообразие сортов и форм растений. Имеют по большей части научный интерес, а также пользуются популярностью у садоводов-любителей.

4. Ботанико-географические экспозиции

Ботанико-географическая экспозиция – это территория, оформленная сообществами растений, произрастающих в границах одной географической зоны. Демонстрируют возможности интродукции растений из других условий в искомые. Например, в ГБС РАН успешно продемонстрированы ботанико-географические экспозиции: флора Кавказа, флора Дальнего Востока и др. Вызывают большой интерес у посетителей всех категорий.

5. Экологические экспозиции

Экологическая экспозиция – это участок, оформленный с помощью определенных экологических групп растений (прибрежные, болотные растения и др.) Создаются определенные условия, свойственные экологической группе, либо условия, необходимые для развития определенных физиологических свойств экспонируемых растений. Например, для создания экспозиции Сад водных растений обязательно следует предусматривать специальные пруды, оборудованные деками, позволяющими подойти близко к растениям и оценить их красоту в полном объеме. Подобные экспозиции интересны как специалистам, так и широкому кругу посетителей.

5.1.1. Сад водных растений.
5.1.2. Сад прибрежных растений.
5.1.3. Теневой сад.
5.1.4. Альпинарий.

6. Ландшафтные экспозиции

Ландшафтная экспозиция – это территория, оформленная с помощью приемов ландшафтной архитектуры, имеющая цель продемонстрировать не только многообразие растительности ботанического сада, но и возможности их применения в различных композициях. В большей степени они по сравнению с другими экспозициями ориентированы на простых посетителей сада (неспециалистов). Наиболее перспективным мы считаем создание целостной системы из ландшафтных экспозиций, позволяющей отвести основные потоки посетителей от научного сектора и доступно показать посетителям возможности применения всего многообразия растений ботанического сада в ландшафте. Планировочная структура экспозиций должна отвечать как рекреационным нагрузкам, так и научным потребностям территории.

6.1. Историко-этнические экспозиции.

К таким экспозициям относятся участки ботанического сада, оформленные в классических канонах национальной архитектуры

и времени, определяющего стилистику пространства. Создание подобных экспозиции сопряжено с большой работой по тщательному подбору как растений, так и различных материалов, передающих имитируемое время или культуру. Большое значение имеет стилевая достоверность – сохранение пропорций основных планировочных элементов, малых архитектурных форм и т.д., подбор растений, успешно заменяющих имитируемые растения других климатических зон. Ведь далеко не всегда возможно использование растений из тех климатических зон, которые необходимо воспроизвести в условиях данной местности. Например, в ГБС РАН экспозиция «Японский сад» оформлена 30 % растений из японо-китайской климатической зоны, а 70 % растений – это грамотно подобранные аналоги, сохраняющие общую композиционную структуру экспозиции и не перетягивающие на себя внимание посетителей. Подобные экспозиции вызывают огромный интерес у посетителей. Особенно сильно рекреационная нагрузка на экспозицию возрастает в период максимальной декоративности. Во время цветения сакуры экспозицию «Японский сад» в ГБС РАН посещают до двух тысяч человек единовременно.

6.1.1. Японский сад.
6.1.2. Сад камней.
6.1.3. Китайский сад.
6.1.4. Французский сад.
6.1.5. Итальянский сад.
6.1.6. Русский сад.

6.2. Растительно-декоративные

К растительно-декоративным экспозициям следует отнести территории ботанических садов, оформленные с помощью растений с определенным морфологическим признаком или группой признаков. Например, «Сад пурпурных форм» – здесь предполагается создавать ландшафтные композиции с помощью растений, обладающих пурпурными листьями, стеблями и цветами.

6.2.1. Колористические
– Сад золотистых форм;
– Сад серебристых форм;
– Сад пурпурных форм;
– Сад пестролистных форм.
6.2.2. Габитуальные
– Сад шаровидных форм;
– Сад конических форм;
– Сад горизонтальных форм;
– Сад карликовых форм;
– Сад бонсай;
– Лианарий (сад лиан);
– Кониферетум.

6.3. Монокультурные

К монокультурным относятся экспозиции, составленные из растений одной систематической категории. В зависимости от конкретной ситуации и выбранной культуры планируется территория с учетом демонстрации максимальной декоративности растений. Но есть некоторые экспозиции, история которых уходит в прошлое, и определенные планировочные элементы являются необходимыми для их воспроизведения. Например, одна из первых ландшафтных экспозиций в истории человечества «Розарий», неразрывно связанная с христианством, имеет в основе регулярную планировочную структуру. Ведь еще в V–VI веках н.э. при монастырях начали создаваться розарии. Роза как символ чистоты Богоматери находилась в особом почете у служителей церкви и прихожан. В свою очередь Монастырские сады принято считать прообразом ботанических садов, а, следовательно, Розарий как экспозицию, носящую декоративно-культовый характер, можно определить как первую ландшафтную экспозицию в ботанических садах.

6.3.1. Сиренгарий (сад сирени).
6.3.2. Птеридарий (сад папоротников).
6.3.3. Розарий (сад роз).
6.3.4. Сад тюльпанов.
6.3.5. Сад георгин.

6.4. Тематические

К ним относятся оформляемые территории, воспроизводящие какой-нибудь поэтический замысел автора или имеющий в основании какой-то образ, обыгрываемый ландшафтным архитектором. Основываются подобные экспозиции на образном восприятии имитируемой цели. Грамотная передача

творческого замысла позволит посетителям насладиться экспозицией в полном объеме.

– Сад ароматов.
– Сад прикосновений.
– Сад плодовых.
– Сад непрерывного цветения.
– Детский ботанический сад.

Например, экспозиция «Детский ботанический сад» – это сад в саду, отдельная зона не менее 0.6 га, живая модель взрослого ботанического. В экспозиции детского ботанического сада используются молодые (1–5 лет) деревья и кустарники с закрытой корневой системой, которые по мере роста пересаживаются в другие отделы ботанического сада. Структура детского ботанического сада подразумевает свою, сообразно масштабу сада, сеть дорожек, водоемов и МАФов, дизайн которых должен учитывать игровой и обучающий аспекты. Оригинальные таблички с названиями растений, наглядные пособия и макроигрушки – всё здесь должно служить делу приобщения детей к любви и познанию растительного мира. Основу экспозиции детского ботанического сада должны составлять деревья и кустарники средней полосы, как дикорастущие, так и культурные. Тут могут быть и молодая березовая роща, и липовая аллея, и маленький хвойный лес, и плодовый сад. Подобно церемониям в японском саду, в определенное время должны проводиться увлекательные занятия с детьми и родителями.

Тяга разных слоев населения к ландшафтной архитектуре неуклонно растет, увеличивается интерес населения к специализированным ландшафтным выставкам, но ярких, достойных для изучения садов и парков становится все меньше.

В сложившейся непростой ситуации ботанические сады могут стать эталонной платформой для демонстрации научно обоснованных примеров композиций и садов разных стилей.

Одна из задач современных ботанических садов должна заключаться не только в демонстрации достижений ботанической науки, но и в полной мере в воспитании населения в области ландшафтной архитектуры.

Библиографический список

1. Вергунов, А.П. Вертоград: Садово-парковое искусство России / А.П. Вергунов, В.А. Горохов. – М.: Культура, 1996.
2. Голосова, Е.В. Японский сад: история и искусство / Е.В. Голосова. – М.: МГУЛ 2002.
3. Соколов, М.П. Ботанические сады, основа их проектирования / М.П. Соколов. – М.: АН СССР, 1959.

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ НАСАЖДЕНИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ХРОНИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЩЕЛОЧНЫХ И ФТОРИСТЫХ ПРОМВЫБРОСОВ

Г.А. КИСТЕРНЫЙ, *доц. БрГИТА, канд. с.-х. наук,*
Д.М. ПАНИЧЕВА, *БрГИТА, канд. с.-х. наук*

kisterniy@mail.ru; panicheva80@mail.ru

Атмосферные загрязнения оказывают влияние на жизнеспособность пыльцы, женские шишки, образование семян и их качество [1–5, 7 и др.]. Наиболее сильную трансформацию испытывают мужские генеративные структуры под воздействием воздушных поллютантов, что проявляется в их аномальном развитии, низком качестве пыльцы и даже стерильности [5–7 и др.]. Однако имеются указания о том, что при низкой относительной влажности пыльца сосны может быть толерантной к воздушным загрязнителям [8, 9]. Встречаются сведения о положительном влиянии загрязнителей на качество пыльцы при относительно невысоких концентрациях загрязняющих веществ [6].

Пыльцу сосны обыкновенной с модельных деревьев желтопыльниковой формы собирали в Дятьковском лесничестве Брянской области во время массового пыления на

Таблица 1

Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной при воздействии щелочных выбросов

Степень промвоздействия	Число проросших зерен, %			Всего проросших, %
	с одной пыльцевой трубкой	с двойной трубкой	с ветвлениями	
Сильная	59,6 ± 1,44	15,4 ± 1,63	9,4 ± 1,17	84,4 ± 1,81
Умеренная	85,6 ± 1,44	7,2 ± 0,86	1,8 ± 0,53	95,0 ± 0,71
Слабая	94,6 ± 1,32	3,2 ± 0,49	1,8 ± 0,56	99,6 ± 0,25
Фоновая	99,4 ± 0,40	0,6 ± 0,33	–	100

участках с разной степенью промвоздействия щелочными (ОАО «Мальцовский портландцемент») и фтористыми (ОАО «Дятьковский хрусталь») выбросами и разными показателями санитарного состояния насаждений. Качество пыльцы сосны обыкновенной, произрастающей в условиях хронического воздействия промвыбросов, исследовали в древостоях, различающихся по уровням загрязнения. В древостоях сосны собирали пыльцу во второй декаде мая с 20 модельных деревьев в каждой из зон промвоздействия. Показатели жизнеспособности определялись у 100 пыльцевых зерен в пятикратной повторности каждого модельного дерева. Жизнеспособность пыльцы и аномалии пыльцевых трубок определяли с использованием стандартных цитологических методик.

Средние категории санитарного состояния (СКС) насаждений сосны принимали значения от 1,4 до 2,75.

Действие цементной пыли на формируемую пыльцу двояко. С одной стороны, с ростом промвоздействия ослабевает на 15,6 % жизнеспособность (табл. 1), а с другой – жизнеспособная пыльца дает достоверно больше двойных пыльцевых трубок и их ветвлений ($t_{факт.}$=4,04…4,45; $t_{st.}$=1,96…3,29, при P = 99,9), что увеличивает вероятность оплодотворения при наличии частичной несовместимости тканей нуцеллуса семязачатка и пыльцевых трубок.

Пыльцевых зерен со сложными ветвлениями трубок и зерен аномальной формы при воздействии загрязнений щелочного типа не обнаружено.

С увеличением степени промвоздействия закономерно возрастает уровень вариабельности жизнеспособности пыльцы. В зоне слабого промвоздействия и фоновой отмечается низкий уровень изменчивости количества проросших пыльцевых зерен.

Установлено наличие тенденций линейной связи между СКС насаждений и долями проросших (r= -0,752) и непроросших (r= 0,698) пыльцевых зерен. Между состоянием насаждений и количеством непроросших зерен нормального размера наблюдаются тенденции обратной связи (r= -0,523).

От фоновой к зоне сильного воздействия последовательно увеличивается число непроросшей пыльцы, количество пыльцевых зерен с двойными трубками, различными ветвлениями. Абортивность пыльцы (мелкие, непроросшие пыльцевые зерна) достигает 4,6 % при максимальном загрязнении щелочной пылью.

В условиях сильного и умеренного загрязнения фтористыми выбросами увеличивается процент непроросшей пыльцы и аномальных зерен (табл. 2). Максимальное количество проросших пыльцевых зерен отмечается в зоне слабого промвоздействия и фоновой (99,3…100 %), различия жизнеспособности пыльцы здесь несущественны ($t_{st.}$=1,96…3,29; $t_{факт.}$=1,71). Доля проросших зерен существенно ниже в зонах сильного и умеренного промвоздействия. ($t_{st.}$=1,96…3,29; $t_{факт.}$=10,7…18,37). Количество аномалий пыльцевых трубок увеличивается при усилении промвоздействия. Доля пыльцевых зерен с двойной пыльцевой трубкой увеличивается от 4,4…3,4 % в фоновой зоне и слабого промвоздействия, до 11,8 % в зоне сильного промвоздействия. Ветвящиеся пыльцевые трубки были отмечены только в зоне сильного (4,8 %) и умеренного (1,6 %) промвоздействия.

Встречались пыльцевые зерна с аномалиями воздушных мешков – с одним воздушным мешком, с тремя воздушными мешками, без воздушных мешков. Максимальное

Таблица 2

Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной при воздействии фтористых выбросов

Степень промвоздействия	Число проросших зерен, %			Всего проросших, %
	с одной пыльцевой трубкой	с двойной трубкой	с ветвлениями	
Сильная	50,0 ± 0,71	11,8 ± 0,82	4,8 ± 1,07	66,6 ± 1,40
Умеренная	71,4 ± 0,93	10,6 ± 0,40	1,6 ± 0,36	83,6 ± 0,75
Слабая	95,9 ± 2,45	3,4 ± 1,12	–	99,3 ± 0,41
Фоновая	95,6 ± 1,52	4,4 ± 1,28	–	100

количество аномальных зерен отмечается в зоне сильного промвоздействия – 6,4 %.

С увеличением влияния фтористых выбросов доля мелких непроросших пыльцевых зерен существенно возрастает ($t_{факт.}$ = = 3,34…4,12; $t_{st.}$ = 1,96…3,29).

Имеют место тенденции линейной корреляционной связи между СКС насаждений и долей проросших (r = -0,547) и непроросших пыльцевых зерен (r = 0,618). Это не проявляется между состоянием насаждений с количеством проросших пыльцевых зерен с различными аномалиями развития пыльцевых трубок (с ветвлениями (r = –0,071) и двойной трубкой (r = -0,147)).

Загрязнение атмосферы щелочными и фтористыми выбросами оказывает отрицательное влияние на генеративные процессы в мужской репродуктивной сфере сосны обыкновенной.

При усилении загрязнения происходит уменьшение количества проросшей пыльцы, увеличивается доля пыльцы с аномалиями пыльцевых трубок, доля непроросших зерен. При слабом воздействии аэрополлютантов и в фоновых зонах показатели жизнеспособности пыльцы существенно не различаются.

Сравнение показателей жизнеспособности пыльцы при щелочном и фтористом воздействии объективно по следующим причинам: 1) сбор пыльцы осуществлялся в одинаковое время пыления сосны и одинаковых условиях местопроизрастания; 2) методика сбора, подготовки образцов и последующего анализа не различались; 3) ритмы среднесуточных температур и влажности были примерно одинаковыми. Различалась природа выбросов и степень техногенного воздействия.

В целом, более существенное влияние на жизнеспособность пыльцы оказывают промвыбросы в зонах сильного и умеренного воздействия. При щелочном загрязнении увеличивается доля зерен с аномалиями пыльцевых трубок, а при фтористом – доля непроросших зерен (нормального размера и мелких), отмечаются аномалии развития пыльцевых зерен.

Щелочные выбросы способствуют существенно большему образованию проросших зерен с двойной пыльцевой трубкой и с ветвлениями, чем фтористые ($t_{факт.}$=1,97…3,59; $t_{st.}$=1,96…3,29).

Показатели жизнеспособности пыльцевых зерен при сильном и умеренном воздействии фтористых выбросов существенно ниже показателей пыльцы, формирующейся при щелочном воздействии ($t_{факт.}$=7,79…3,29; $t_{st.}$=1,96…3,29). В среде, загрязненной фтористыми выбросами, отмечаются различные аномалии развития пыльцевых зерен, что также свидетельствует о большей агрессивности этих аэрополлютантов по отношению к мужской репродуктивной сфере сосны обыкновенной.

Библиографический список

1. Калашник, Н.А. Аномалии пыльцы хвойных видов деревьев при промышленном загрязнении на Южном Урале / Н.А. Калашник, С.М. Ясовиева, Л.П. Преснухина // Лесоведение. – 2008. – № 2. – С. 33–40.
2. Моложавский, А.А. Плодоношение хвойных пород в условиях аэротехногенного воздействия / А.А. Моложавский // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель. – 2001. – № 53. – С. 259–262.
3. Осколков, В.А. Качество пыльцы сосны обыкновенной в древостоях Приангарья при разном уровне загрязнения / В.А. Осколков // Лесоведение. – 1999. – № 2. – С. 16–21.
4. Подзоров, Н.В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной / Н.В. Подзоров // Лесное хозяйство. – 1965. – № 7. – С. 47–49.

5. Третьякова, И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 26–33.
6. Шкарлет, О.Б. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / О.Б. Шкарлет. – Свердловск, 1974. – 27 с.
7. Федорков, А.Л. Изменение в мужской генеративной сфере сосны при аэротехногенном загрязнении / А.Л. Федорков // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера. – Архангельск, 1991. – С. 296–301.
8. Benoit, L.F. The influence of zone on Pinus strobes L. Pollen germination / L.F. Benoit, J. Scelly, L.D. Moora // Can. J. Forest Res. – 1983. – V. 13. – № 1. – P.184–187.
9. Houston, D.B. Effect of ambient air pollution on cone seed pollen characteristics in eastern white and red pines / D.B. Houston, L.S. Dochinger // Environment Pollut. – 1977. – V. 12. – P. 1 – 5.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ГИС В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

А.М. КРЫЛОВ, *начальник отдела дистанционного лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита»,*
Н.А. ВЛАДИМИРОВА, *инженер отдела дистанционного лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита», научный сотрудник сектора геоинформационных систем Отдела аналитических исследований лесоуправления и лесопользования ФГУ ВНИИЛМ,*
Е.Г. МАЛАХОВА, *инженер отдела дистанционного лесопатологического мониторинга ФГУ «Рослесозащита», аспирант ФГУ ВНИИЛМ*

amkrylov@gmail.com; nadiopt@yandex.ru

Использование ГИС в лесопатологическом мониторинге предлагается как более совершенная технология методология восприятия, представления, управления и анализа информации и сводных данных. Ведь кроме использования табличных данных – стандартного выражения показателей в лесопатологическом мониторинге, в геоинформационной среде возможно использование снимков, данных топографической съемки, пространственных объектов и их описания и множество других инструментов, позволяющих провести наиболее полный и разносторонний анализ ситуации.

Лесопатологические обследования предъявляют достаточно высокие требования к оперативности получаемых исходных данных. Поэтому внедрение в лесопатологию дистанционного зондирования – одна из насущных и перспективных задач.

В 80-е годы XX в. была разработана методика дистанционного лесопатологического мониторинга по данным спектрозональной аэрофотосъемки. Был проведен ряд экспериментальных работ, указания по применению аэрофотосъемки (АФС) вошли в Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Отчасти работами по дистанционному зондированию можно считать аэровизуальные наблюдения за состоянием лесов.

Главными препятствиями на пути внедрения АФС в лесопатологические обследования явились высокая цена производства АФС, низкая оперативность и необходимость множества согласований для получения разрешения на АФС. Из-за этого к моменту поступления АФС необходимость в них отпадала из-за изменившейся ситуации или информация на них оказывалась устаревшей.

Альтернативой традиционной аэрофотосъемке является применение в дистанционном лесопатологическом мониторинге космических снимков. Космическая съемка обладает рядом преимуществ, таких как высокая оперативность, низкая стоимость по отношению к АФС (ряд данных доступен даже бесплатно) и возможность быстрой съемки огромных территорий.

В то же время большинство доступных данных космосъемки обладает низкой детальностью, и поэтому их дешифрирование и интерпретация – гораздо более сложный процесс. Кроме того, космические изображения,

в отличие от аэрофотоснимков, выглядят поразному в зависимости от каждого конкретного аппарата, что затрудняет их визуальное дешифрирование. В свете этого необходимо применение современных компьютерных технологий и методов обработки цифровых изображений.

Спутниковые данные успешно применяются в различных проектах по мониторингу лесного покрова и лесопожарному мониторингу. При этом используются общедоступные и бесплатные данные, для обработки которых задействованы сложные алгоритмы. Наиболее успешные примеры приводятся ниже.

1) Мониторинг лесных пожаров в режиме, близком к реальному времени. Так, действует система лесопожарного и лесопатологического мониторинга ИСДМ-Рослесхоз (http://www.aviales.ru/default.aspx?textpage=25). Входная информация (данные от субъектов Российской Федерации, метеоданные, данные грозопеленгации и частично космическая съемка MODIS) поступают в управляющей сервер ИСДМ-Рослесхоз (г. Пушкино, ФГУ «Авиалесоохрана), в котором происходит основная тематическая обработка, а также управление всеми удаленными узлами системы. Для обеспечения надежности и устойчивости системы имеется полнофункциональный резервный управляющий сервер, физически расположенный в Москве (ИКИ РАН). Вся информация (в том числе и обработанные снимки, поступающие в узлы ИСДМ-Рослесхоз) структурируется, каталогизируется и архивируется в банк данных и доступна из геоинформационной системы, интегрированной в web-интерфейс.

В ИСДМ-Рослесхоз существует и блок лесопатологического мониторинга, но непирогенные повреждения детектируются намного менее надежно, чем лесные пожары.

Также на данных MODIS основан американский сервис глобального мониторинга лесных пожаров FIRMS (http://maps.geog.umd.edu/firms/). В тестовом режиме функционирует проект по спутниковому лесопожарному мониторингу ИТЦ «Сканекс», в котором кроме данных MODIS задействованы космические снимки Landsat и SPOT.

2) Глобальные карты лесов крупных регионов. Например, карта «Леса России», созданная совместно Гринписом России, Институтом космических исследований РАН, Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, а также Всемирной лесной вахтой по спутниковым изображениям SPOT Vegetation и MODIS.

3) Глобальный мониторинг лесного покрова, проводимый FAO. Проводится с применением космических изображений MODIS, Landsat TM и ETM+, на некоторые эталонные участки также заказывается съемка сверхвысокого разрешения, например, ICONOS.

Обработка космических спутниковых изображений сходна с дешифрированием аэрофотоснимков только для сверхвысокого разрешения. При применении более мелких масштабов съемки наибольший успех имеют проекты, основанные на автоматических алгоритмах дешифрирования.

В сферу интересов лесопатологии входят очень разные повреждения растительности, неоднородные по своим спектральным и пространственным свойствам. Кроме того, на сегодняшний день не существует определенного аппарата, который мог бы удовлетворить все потребности лесопатологического мониторинга, и используется комбинация из снимков разных аппаратов, а именно MODIS (разрешение 250 м), Landsat (30 м), ALOS (2,5–10 м), SPOT (2,5–23 м), Rapid Eye (6 м). Наиболее крупные изменения в принципе заметны и на MODIS, но сложным является отделение их от краевых эффектов, фенологических изменений и участков рубок.

Существующие алгоритмы могут служить для сигнализации, что какие-то крупные изменения произошли. Для установления факта изменения, а также для его классификации могут использоваться снимки высокого разрешения. Мелкие изменения могут быть выявлены только по снимкам высокого разрешения.

Поэтому в БЛПМ используется MODIS для оперативной сигнализации крупных изменений для последующей их проверки по данным высокого разрешения и наземно. Данные высокого разрешения дешифрируются пока

вручную, но ведется работа над созданием алгоритма автоматического выявления изменений по таким данным.

Надежно детектируются крупные ветровалы, участки сплошного объедания, крупные усыхания в очагах стволовых вредителей. Надежность выявления мелких участков ветровала, несплошного ветровала оставляет желать лучшего.

Отделом ДЛПМ были проведены большие работы по картированию крупных участков ветровалов. Также совместно с ЦЭПЛ и ИКИ РАН были проведены работы по определению спектральных характеристик участков насаждений, в разной степени поврежденных огнем.

Полученные данные весьма информативны, однако для успешного применения для оперативного планирования ЛПО необходимо ускорить процесс выявления и картирования нарушений первой половины лета до 1–1,5 месяцев. Это возможно при условии массового заказа съемки высокого разрешения с аппаратов с высокой оперативностью (Rapid Eye) и повышения оперативности получения снимков с аппаратов Landsat 5/7.

Одним из видов деятельности ФГУ «Рослесозащита» является эксплуатация блока лесопатологического мониторинга информационной системы дистанционного мониторинга Рослесхоза и формирование архива пространственно позиционированной лесопатологической информации. Пространственной основой для всех видов обследований являются материалы лесоустройства, и поэтому необходимо внедрение геоинформационных технологий (далее ГИС-технологий) в практику организации и ведения лесопатологического мониторинга.

Внедрение компьютерных и ГИС-технологий в системе управления лесами началось в конце 1980 – начале 1990 гг. для производства лесоустроительных работ [1]. Исторически сложилось, что лесоустроительные предприятия сами принимали решения о том, какие компьютерные и ГИС-технологии использовать в производственном процессе. На момент, когда ГИС-технологии принимались на вооружение российского лесного хозяйства, ярко выраженных лидеров в отрасли не было; выбор поставщика программного обеспечения зависел от цены, наличия/отсутствия русификации, удобства и красоты оформления карт и отчетов. Каждое предприятие разработало собственные надстройки и расширения к имеющемуся программному обеспечению, в результате чего выходные документы стало затруднительно открыть даже в «официальной» версии того же программного обеспечения, в котором они были созданы. В результате предприятия используют и продвигают на рынок разные технологии, зачастую ограниченно совместимые между собой. Сложилась малопрозрачная, объемная, сложная и разнообразная система лесоустроительных документов и технологий, плохо поддающаяся унификации.

В таблице приведены данные о специализированном программном обеспечении, используемом в филиалах ФГУП «Рослесинфорг».

Перечисленные в таблице ГИС являются закрытыми по одному или двум параметрам: форматная закрытость и закрытость исходного кода программы.

Как видно из данной таблицы, все приведенные программы не могут напрямую взаимодействовать между собой, необходимо использование обменного формата (как правило, ESRI SHAPE или Mapinfo MIF/MID). Конечно, у всех этих программ есть свои плюсы, но серьезным минусом всех приведенных ГИС (кроме Mapinfo) является полная закрытость их формата, т.е. материалы лесоустройства без конвертации нельзя использовать, не имея программ, в которых они были подготовлены.

Для того чтобы работать с данными разных предприятий, можно воспользоваться такими широко распространенными ГИС, как Mapinfo или ArcGIS. Эти системы хорошо взаимодействуют между собой, имеют русскую документацию и техническую поддержку, и поэтому ныне активно внедряются в производственный процесс. Однако ограничивающим фактором перехода на любую из названных ГИС является их высокая стоимость и необходимость обращаться к разработчику за внесением необходимых изме-

Таблица

Лесоустроительные ГИС и СУБД, используемые в филиалах ФГУП «Рослесинфорг» [2, 3]

Название филиала	ГИС и СУБД, используемые филиалом	Разработчик, наличие поддержки, форматы данных
Северо-Западный филиал государственной инвентаризации лесов (Севзаплеспроект) Южный филиал государственной инвентаризации лесов (Воронежлеспроект) Карельский филиал государственной инвентаризации лесов (Кареллеспроект)	WinGIS/ WinMAP – картография WinPLP – ведение баз данных	ГИС: Progis, Австрия, в 2003 г. поддержка производителем прекращена, хотя сами предприятия систему поддерживают. СУБД: самостоятельно разработана на основе FoxPro (а именно, устаревшей его версии – Visual FoxPro 5). Векторные слои: собственный формат AMP, содержащий также и оформление карты; ни в одной другой программе не открывается. База данных: dbf (FoxPro) Импорт: MapInfo MIF/MID, ESRI SHAPE, AutoCAD DXF. Экспорт: MapInfo MIF/MID – только конвертером в составе самой программы. При этом топология не поддерживается
Поволжский филиал государственной инвентаризации лесов (Поволжский леспроект) Северный филиал государственной инвентаризации лесов (Севлеспроект)	ГеоГраф/ GeoDraw	Центр геоинформационных исследований Института географии Российской академии наук ЦГИ ИГ РАН, поддержка есть Векторные слои: собственный формат GeoDraw, GeoGraph cosmetic layer ни в одной другой программе не открывается Базы данных: Paradox .db (версии 3.5 и 4.0 для Windows) Импорт: любой формат, для которого разработан драйвер доступа. Драйверы форматов, входящие в поставку: GeoDraw, GeoGraph cosmetic layer, ESRI SHAPE, MapInfo MIF/MID (только точки и линии). Экспорт: ARCINFO – через формат GEN, MapInfo MIF/MID, AutoCAD DXF, IDRISI VEC – только конвертером в составе самой программы
Центральный филиал государственной инвентаризации лесов (Центрлеспроект) Московский филиал государственной инвентаризации лесов (Мослеспроект)	TopoL (картография) с надстройкой Lesis (ведение баз данных)	TopoL Software, Чехия Есть поддержка производителя и российского представителя Векторные слои: собственный формат BLK, содержащий также и оформление карты; ни в одной другой программе не открывается. Базы данных: открытый DBF Импорт: ESRI SHAPE, MapInfo MIF/MID, AutoCAD DXF Экспорт: эти же форматы – только конвертером в составе самой программы
Западно-Сибирский филиал государственной инвентаризации лесов (Запсиблеспроект) Восточно-Сибирский филиал государственной инвентаризации лесов (Востсиблеспроект)	Mapinfo	MapInfo Corp., США Есть поддержка производителя и российского представителя Векторные слои: Собственный формат TAB (открывается рядом других программ) Открытый формат MIF/MID Базы данных: Собственный формат TAB и открытый DBF Импорт: большое количество разных форматов, в т.ч. ESRI SHAPE, AutoCAD DXF. Экспорт: аналогично, в составе многих других ГИС есть собственные конвертеры.

нений. Обе системы закрытые, поэтому в их программный код нельзя вносить изменения самостоятельно, хотя расширения и инструменты писать можно.

Одним из альтернативных решений может стать использование свободных ГИС. Свободное программное обеспечение [4] отвечает следующим принципам: программу можно свободно использовать с любой целью, можно изучать, как программа работает, и адаптировать ее для своих целей («первая свобода»). Условием этого является доступ-

ность исходного текста программы. Можно свободно распространять копии программы. Программу можно свободно улучшать и публиковать свою улучшенную версию – с тем, чтобы принести пользу всему сообществу. Условием этого является доступность исходного текста программы и возможность внесения в него модификаций и исправлений.

В качестве примеров распространенных свободных ГИС можно привести Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), Quantum GIS (QGIS), User-friendly Desktop Internet GIS (uDig) и другие [5]. Нами было решено работать с Quantum GIS, поскольку эта система имеет дружелюбный графический интерфейс, сообщество ее разработчиков – одно из наиболее развитых в среде открытых ГИС и постоянно увеличивается, имеется хорошая документация по процессу разработки и по пользованию системой.

Выбор QGIS был также определен существующей в стране группой разработчиков, имеющих опыт программирования для этой ГИС, зарекомендовавших себя как постоянные участники в международной команде разработчиков и имеющих необходимые привилегии для внесения изменений в ядро программы. Опыт использования QGIS показал важность этого параметра, обусловленного быстрым процессом обмена мнениями между пользователями программы и разработчиками. Для других ГИС с открытым исходным кодом подобных организаций пока не существует.

QGIS доступна для большинства современных платформ (Windows, MacOSX, Linux) и совмещает в себе поддержку векторных и растровых данных, а также способна работать с данными, предоставляемыми различными картографическими веб-серверами и многими распространенными пространственными базами данных. Функциональность QGIS может быть развита посредством создания модулей расширения на C++ или Python [5].

На сегодняшний день QGIS (через модуль gdal/ogr) поддерживает такие форматы векторных данных, как ESRI SHP, Mapinfo TAB, Mapinfo MID/MIF, Google kml, ESRI Personal GeoDatabase, Arcinfo ASCII Coverage и многие другие. При этом в одном проекте могут быть открыты векторные слои в разных форматах, хотя редактировать можно только ESRI Shape. Программа поддерживает топологическое редактирование. Модули расширения реализуют некоторые функции анализа и обработки векторных данных, а также их конвертацию и перепроецирование.

Поддерживаются и практически все распространенные растровые форматы (через модуль GDAL).

Функционал QGIS пока уступает коммерческим ГИС, но команда разработчиков выпускает все новые и новые модули. Кроме того, поскольку QGIS – система с открытым кодом, каждый сам может написать необходимое ему расширение или заказать его разработчикам. Таким образом, появляется возможность доработать программу для конкретного пользователя, что традиционно и делалось в лесном хозяйстве для других ГИС, но в закрытом порядке.

Таким образом, среди преимуществ QGIS можно назвать мультиформатность и мультиплатформенность, поддержку корректного топологического редактирования, неограниченное количество возможных рабочих мест и возможность доработки под собственные задачи. К недостаткам можно отнести нестабильную работу (хотя регулярно выходят патчи исправления ошибок) и несколько уступающую коммерческим ГИС функциональность (основные функции, тем не менее, присутствуют).

В 2010 г. филиалами ФГУ «Рослесозащита» были проведены пробные работы по созданию схем состояния насаждений и численности вредителей в среде QGIS. Работы включали следующие основные операции: сканирование и привязка картографической основы, векторизацию участков насаждений, в которых проводились работы по лесопатологическому мониторингу, и итоговое оформление карт-схем. Несмотря на многочисленные сложности, все 42 филиала успешно справились со своей задачей, показав тем самым, что в среде QGIS возможна организация

полноценного производственного процесса. Однако для повышения производительности труда.

QuantumGIS успешно используется для подготовки материалов для полевых работ (карт для GPS-навигации и первичной обработки результатов) и для организации работ по дистанционному лесопатологическому мониторингу. Также планируется интеграция QGIS с Блоком дистанционного лесопатологического мониторинга ИСДМ Рослесхоз, организация картографического web-портала с данными лесопатологического мониторинга на базе открытых технологий.

Библиографический список

1. Геоинформатика в лесном хозяйстве: учебник / И.А. Вуколова. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – 216 с.
2. Старостенко, Д.А. Геоинформационные технологии в лесной отрасли / Д.А. Старостенко // МПР, Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России» – 2000. – № 11–12. – С. 137.
3. Геоинформационный портал ГИС-Ассоциации – http://www.gisa.ru/
4. Свободное программное обеспечение // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. http://ru.wikipedia.org/wiki/ Свободное_программное_обеспечение.
5. Дубинин, М.Ю. Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации / М.Ю. Дубинин, Д.А. Рыков // Геопрофиль. – 2010. – С. 34–44.

РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ НА ВНЕСЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

М.А. ПЛЯШЕЧНИК, *м. н. с. отдела физико-химической биологии и биотехнологии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,*
О.А. ШАПЧЕНКОВА, *н. с. отдела физико-химической биологии и биотехнологии древесных растений Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, канд. биол. наук*

lilwood@ksc.krasn.ru; shapchenkova@mail.ru

Кустарничковая растительность является одним из доминантов напочвенного покрова в лесных экосистемах Центральной Эвенкии. Известно, что продуктивность растительных сообществ бореальной зоны ограничена низкой доступностью азота в почвах. Для повышения продуктивности древостоев в последнее время все чаще используются азотные удобрения. Большинство исследователей отмечают положительное влияние удобрений на годичный прирост деревьев, образование новых корневищных побегов, увеличение проективного покрытия напочвенного покрова и запаса надземной фитомассы [1, 2, 9,10].

В рамках российско-японского проекта Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН на протяжении ряда лет проводилась работа по внесению дополнительного количества доступного азота в лиственничниках Центральной Эвенкии. Одним из аспектов изучения являлась оценка изменения морфометрических показателей брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и багульника болотного (*Ledum palustre* L.) при длительном внесении азотных удобрений.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории Эвенкийского стационара Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, расположенного в среднем течении реки Нижняя Тунгуска, рядом с пос. Тура.

Среднегодовая температура воздуха составляет –9,5°С, средняя температура января – –36,8°С, июля – 15,8°С (по данным для пос. Тура). Сумма положительных температур (выше 0°С) равна 1502°, сумма активных температур (выше 10°С) – 1144°. Годовое количество осадков 322 мм. Продолжительность безморозного периода 76 дней [3]. Для исследуемой территории характерно повсеместное распространение многолетней мерзлоты.

Три пробные площади (ПП) были заложены в наиболее типичном для региона сообществе – лиственничнике (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) багульниково-брусничном зеле-

Таблица

Физико-химические и химические свойства лесной подстилки на пробных площадях после 3-летнего внесения мочевины

$pH_{водный}$	ППП, %	N, %	$N\text{-}NH_4$, мг·кг$^{-1}$
ПП 1 (контроль)			
5,1–5,4 5,3	22,2–48,6 35,3	0,292–0,672 0,475	19–31 24,7
ПП 2 (12 кг N·га$^{-1}$)			
5,1–6,1 5,5	37,0–63,4 46,1	0,428–0,804 0,575	40–52 44,3
ПП 3 (60 кг N·га$^{-1}$)			
5,0–6,1 5,4	32,2–76,0 49,9	0,420–0,924 0,607	49–141 101,0

Примечание: в числителе приведены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средние значения; ППП – потеря при прокаливании

номошном с подлеском из *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar. Каждая ПП размером 15 × 15 м была разделена на 4 подквадрата и имела по периметру буферную зону 4 м.

Из азотных удобрений применяли мочевину, которую вносили ежегодно в дозах 12 и 60 кг N·га$^{-1}$ в июне–июле в течение трех лет (2004–2006). Измерение морфометрических показателей (число парциальных кустов на 1 м^2, общее количество побегов текущего года, общий прирост текущего года) *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L., отбор образцов лесной подстилки проводили в июле 2007 г. Общее количество побегов текущего года и общий прирост текущего года были рассчитаны по результатам измерения 50 парциальных кустов на каждой ПП.

Свойства почвы определяли общепринятыми методами [4]; общий азот – по ГОСТ 26107-84; обменный аммоний – по ГОСТ 26489–85.

Результаты и их обсуждение

Почвенный покров ПП представлен криогидроморфными почвами – криоземами типичными. На глубине 30–40 см почвенный профиль подпирается многолетней мерзлотой. Гранулометрический состав почв легкосуглинистый (частиц d<0,01 мм = 24,1 %). Криоземы характеризуются аккумулятивным распределением органического вещества и азота, имеют кислую и слабокислую реакцию среды (pHH_2O 4,9–6,4), слабонасыщенный основаниями почвенный поглощающий комплекс (58–79 %) в органогенных горизонтах (Ov, Ogd). В минеральной части профиля почвы реакция среды переходит в нейтральную, степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса увеличивается до 92 %.

Ряд исследователей считают, что основным источником азота для растительных сообществ в условиях сплошного распространения вечной мерзлоты является подстилка, где сосредоточено до 40–70 % поглощающих корневых окончаний [7].

Почвы криолитозоны характеризуются низким содержанием азота по сравнению с почвами южных районов Средней Сибири. Так, содержание общего азота в подстилке исследуемых почв составило 292–672 мг/100 г (табл.), тогда как в подстилке темно-серой лесной почвы – 688–1321 мг/100 г [8].

В мочевине азот находится в амидной форме ($CO(NH_2)_2$). После внесения мочевина под влиянием микроорганизмов аммонифицируется с образованием углекислого аммония $(NH_4)_2CO_3$, который поглощается почвой и затем постепенно нитрифицируется.

Внесение мочевины на протяжении трех лет привело к заметному увеличению содержания органического вещества (на 31 и 41 %), общего (на 21 и 28 %) и аммонийного (в 1,8 и 4,1 раза) азота в подстилке ПП 2 и 3 по сравнению с контролем. Это, по-видимому, связано с поступлением большего количества растительного опада, обогащенного азотом. При слабом развитии процесса нитрификации в почвах криолитозоны [7] аммонийный

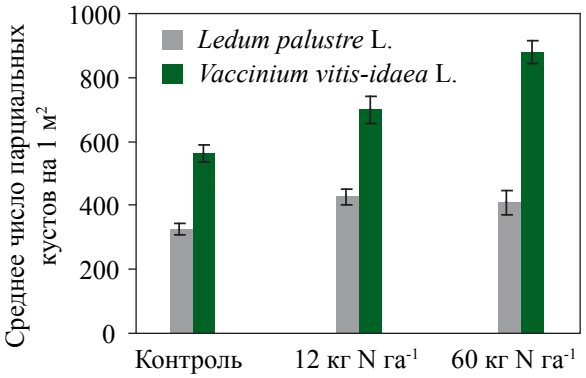


Рис. 1. Влияние внесения азотных удобрений на число парциальных кустов *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L.

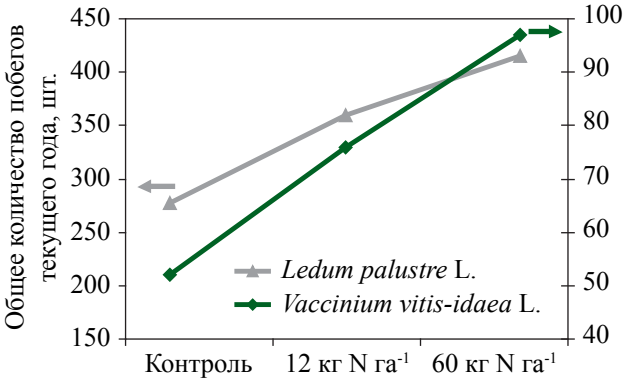


Рис. 2. Влияние азотных удобрений на количество побегов текущего года *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L.

азот, образующийся при гидролизе мочевины, накапливается в подстилке. Доля аммонийного азота в подстилках возрастает от 0,5 % до 1,7 % общего содержания азота по мере увеличения дозы внесения удобрения.

Внесение в почву дополнительного количества доступного азота привело к заметному разрастанию кустарничков. Среднее число парциальных кустов *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L. на 1 м^2 увеличилось на 24 и 31 % (12 кг N·га$^{-1}$), на 57 и 25 % (60 кг N·га$^{-1}$), соответственно, по сравнению с контролем (рис. 1).

На экспериментальных ПП отмечено увеличение общего количества побегов текущего года по сравнению с контролем на 46 и 87 % для *Vaccinium vitis-idaea* L., на 30 и 50 % для *Ledum palustre* L. (рис. 2).

Ответная реакция кустарничков на внесение удобрений характеризовалась увеличением общего прироста текущего года. Общий прирост *Vaccinium vitis-idaea* L. на контрольной ПП составил 50.9 см, на экспериментальных ПП – 88,5 см и 95,5 см по мере возрастания доз внесения удобрения. Для *Ledum palustre* L. этот показатель равен 302,6; 558,1 и 589,4 см соответственно.

Заключение

Проведенные исследования показали, что внесение мочевины в дозах 12 и 60 кг N·га$^{-1}$ на протяжении трех лет способствовало увеличению количества доступного азота в почвах криолитозоны. Отлик *Vaccinium vitis-idaea* L. and *Ledum palustre* L. характеризовался повышением биологической продуктивности, что выражалось в увеличении числа парциальных кустов на 1 м^2, общего количества побегов и общего прироста текущего года.

Библиографический список

1. Турчин, Ф.В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений / Ф.В. Турчин. – М.: Колос, 1972. – 336 с.
2. Прокшин, Д.Н. Влияние минеральных удобрений на прирост кустарничков брусники / Д.Н. Прокшин // Дикорастущие ягодные растения СССР : тез. докл. – Петрозаводск, 1980. – С. 136–137.
3. Справочник по климату СССР: Температура воздуха и почвы / под ред. Н.П. Бахтина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – Вып. 21. – Ч. II. – 504 с.
4. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
5. ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
6. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
7. Прокушкин, С.Г. Структурно-функциональные особенности лиственницы Гмелина в криолитозоне центральной Эвенкии / С.Г. Прокушкин, А.П. Абаимов, А.С. Прокушкин. – Красноярск: ИЛ СО РАН «ДарМа-печать», 2008 – 161 с.
8. Шугалей, Л.С. Антропогенез лесных почв юга Средней Сибири / Л.С. Шугалей. – Новосибирск: Наука, 1991. – 185 с.
9. Parson, A.N. Growth responses of four sub-Arctic dwarf shrubs to stimulated environmental change / A.N. Parson, J.M. Welker, P.A. Wookey, M.C. Press, T.V. Callaghan, J.A. Lee // Journal of Ecology. – 1994. – Vol. 82. – P. 307–318.
10. Press, M.C. Responses of subarctic dwarf shrub heath community to stimulated environmental change / M.C. Press, J.A. Potter, M.J.V. Burke, T.V. Callaghan, J.A. Lee // Journal of Ecology. – 1998. – Vol. 86. – P. 315–327.

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЕГО ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФРАКЦИИ В МОХОВО-ЛИШАЙНИКОВЫХ АССОЦИАЦИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

И.В. ТОКАРЕВА, *н. с. Иинститута леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН, канд. биол. наук,*
А.С. ПРОКУШКИН, *зав. лабораторией биогеохимических циклов в лесных экосистемах Института леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН, канд. биол. наук*

gavrilenko@ksc.krasn.ru

Особенности экологических условий в криолитозоне, такие как низкие температуры почвы, высокая их влажность, наличие вечной мерзлоты, медленное и неглубокое ее оттаивание в течение вегетации, обуславливают формирование специфичной напочвенной растительности – мощного, часто сплошного покрова из мхов и кустистых лишайников. Доля мхов в проективном покрытии в лиственничниках Центральной Эвенкии колеблется от 4 до 32 % в зависимости от типа сообщества, доля лишайников 18–32 %, в то время как деревья составляют всего 3–8 % [1].

Мхи и лишайники, будучи основным источником формирования подстилки, представляют важный источник элементов питания для растений и микроорганизмов. В этом плане особое значение приобретает наиболее лабильная и доступная фракция – водорастворимое органическое вещество (ВОВ). ВОВ играет важную роль во многих биогеохимических процессах и, участвуя в циклах питательных элементов, выполняет важнейшие экологические функции [6], среди которых можно выделить фитоценотическую, педогенную и транспортную. Кроме того, ВОВ является промежуточным продуктом при разложении и образовании диоксида углерода. В то же время можно отметить определенную недооценку роли водорастворимой органической фракции в процессах миграции и круговорота углерода в биогеоценозах умеренных широт. Вследствие малой мощности почвенного профиля и наличия водоупора в виде вечной мерзлоты значительная часть ВОВ теряется с поверхностным стоком из наземных экосистем. Поскольку ВОВ является важной расходной частью бюджета углерода, сведения о его пулах крайне необходимы, особенно при прогнозируемом изменении климата. Вместе с тем, количественные характеристики содержания и запасов ВОВ в мерзлотных почвах изучены явно недостаточно, что связано как со значительной вариабельностью этих показателей в силу мозаичности лесного покрова и гидротермических условий, так и недостатком данных о факторах, контролирующих процессы его образования, мобилизации и миграции.

Цель исследования заключалась в определении содержания ВОВ в основных доминантах криолитозоны среди мхов и лишайников в зависимости от их видовой принадлежности и химического состава.

Объекты и методы исследования

Отбор образцов проводился на пробных площадях Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Эвенкийский ОЭП) в подзоне северной тайги Средней Сибири (64° с.ш., 100° в.д.). В 7 типах лиственничных древостоев были выбраны растительные ассоциации, характеризующиеся произрастанием основных доминантов мохово-лишайникового яруса северотаежных лесов: зеленые мхи (*Aulacomnium turgidum, Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi),* сфагновый мох *(Sphagnum fuscum)*, лишайники (*Cetraria islandica, Cladina rangiferina, Cladina stellaris)* и подстилки, сформированные ими. В отобранных монолитах (20Ч20 см в 3 повторностях) выделялись живая (зеленая), бурая (отмершая, но сохранившая морфологическое строение) части мхов и подстилка. Из подстилки удалялись корни. Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния. Анализ содержания C и N проводили на элементном анализаторе Elementar Vario CNS (Германия).

В качестве показателя содержания ВОВ использовался водоэкстрагируемый органический углерод – ВЭОУ, представляющий собой смесь органических молекул разной природы, переходящую в водную вытяжку при экспозиции в течение 24 ч [2; 6] при соотношении образец:вода 1:10. Содержание углерода в экстрактах определялось по методу Тюрина в модификации.

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что межвидовое различие в содержании углерода в живой части мхов незначительно и колеблется от 46 до 47 % (коэффициент вариации не превышает 1,3 %), в лишайниках от 43 до 44 % (табл.). Вариабельность содержания азота во мхах существенно выше (20 %) и изменяется в пределах 0,5–0,8 %. Соотношение C/N в зеленой части мхов варьирует от 54 до 100. В лишайниках содержание азота ниже в 3 раза, по сравнению со мхами, и находится в интервале 0,2–0,3 %.

В целом растительный материал мхов и лишайников отличается достаточно высокими значениями C/N по сравнению с другими видами растений Центральной Эвенкии. Так, в хвое лиственницы (*Larix gmelinii*) соотношение C/N составляет 31, у шикши сибирской (*Empetrum nigrum*) – 78, у голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*) – 29, у иван-чая узколистного (*Chamaenerion angustifolium)* – 21, у душекии кустарниковой (*Duschekia fruticosa)* – 38 [8].

При переходе в отмершую часть, как во мхах, так и в лишайниках, содержание углерода изменяется несущественно, тогда как содержание азота снижается в 1,1–1,3 раза. По-видимому, это связано с потерей азотсодержащих соединений (например пигментов) или реутилизацией N растением. Содержание азота здесь не превышает 1 %. По данным же В.Н. Кудеярова [3], оптимальная концентрация азота в растительном опаде, при которой происходит активное его разложение, равна 1,7 %. За счет снижения содержания азота соотношение C/N у исследуемых мхов в отмирающих тканях повышается до 59–112.

Остатки мхов содержат большое количество физиологически активных компонентов, ингибирующих развитие организмов-деструкторов, вследствие чего процессы их разложения замедляются. Наиболее худшим субстратом для разложения является *S. fuscum,* у которого значение C/N в бурой части достигает 112. Скорость деструкции остатков сфагновых мхов, приуроченных, как правило, к понижениям и заболоченным участкам, существенно ниже в связи с анаэробной и сильно закисленной средой. Слабое протекание процессов разложения остатков данного вида может быть также результатом низких концентраций элементов питания в тканях [9] и присутствия устойчивых к разложению органических соединений. Так, для сфагнума, по сравнению с другими видами, характерно наименьшее содержание азота как в живой, так и в отмершей частях (табл.). Кроме того, выщелачивание из их растительных остатков сфагновой кислоты, обладающей антимикробными свойствами, ведет к ингибированию процессов разложения мохового материала подстилок [10]. Поэтому для сфагновых микроассоциаций характерен

Таблица

Химический состав мхов и лишайников криолитозоны

Вид	Зеленая часть			Бурая часть		
	N %	C %	C/N	N %	C %	C/N
	Мхи					
Aulacomnium turgidum	0,80±0,15	45,8±1,6	54	0,75±0,15	44,1±5,9	59
Pleurozium schreberi	0,66±0,1	46,7±0,9	72	0,52±0,08	46,5±1,1	92
Hylocomium splendens	0,69±0,09	46,9±0,7	69	0,58±0,07	47,1±0,7	82
Sphagnum fuscum	0,48±0,05	47,2±0,9	100	0,43±0,07	46,9±0,9	112
	Лишайники					
Cetraria islandica	0,29±0,02	43,5±0,6	149	–	–	–
Cladina rangiferina	0,18±0,05	43,0±0,7	258	0,19±0,02	43,5±0,6	237
Cladina stellaris	0,19±0.02	42,8±0,1	230	0,14±0,02	43,2±0,5	319

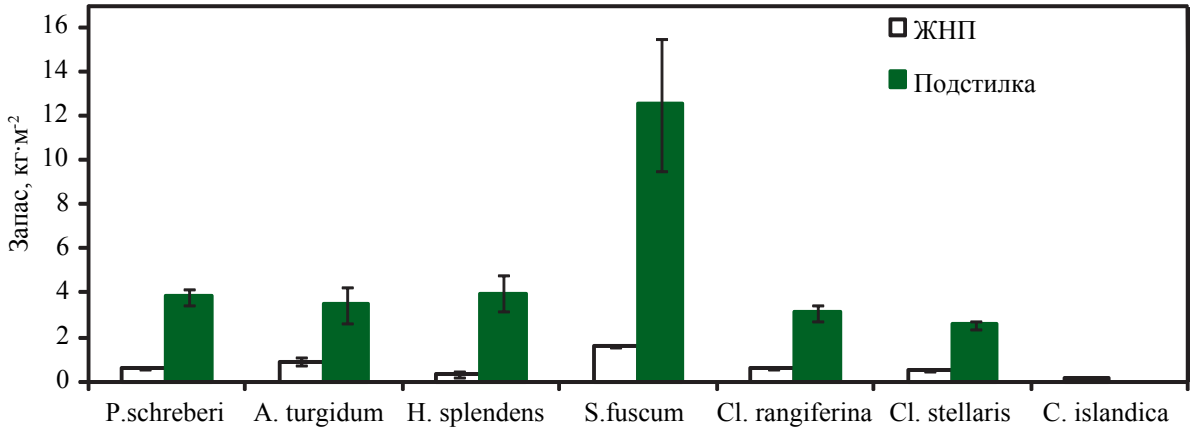
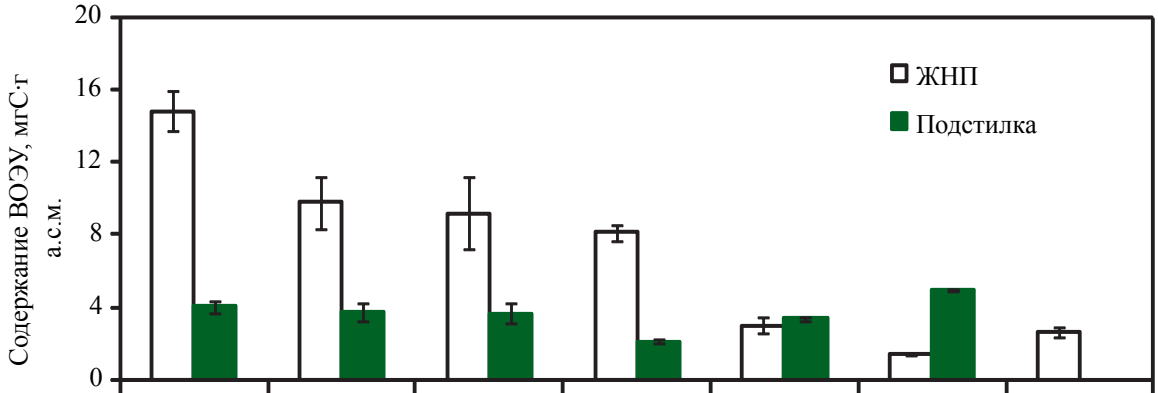


Рис. 1. Запас живого напочвенного покрова и подстилки в ассоциациях различных видов мхов и лишайников



	P.schreberi	A. turgidum	H. splendens	S.fuscum	Cl. rangiferina	Cl. stellaris	C. islandica
ЖНП	14,81	9,77	9,19	8,15	3,01	1,41	2,66
Подстилка	4,03	3,77	3,65	2,11	3,37	4,96	

Рис. 2. Содержание водоэкстрагируемого органического углерода в живом напочвенном покрове и подстилке в ассоциациях различных видов мхов и лишайников

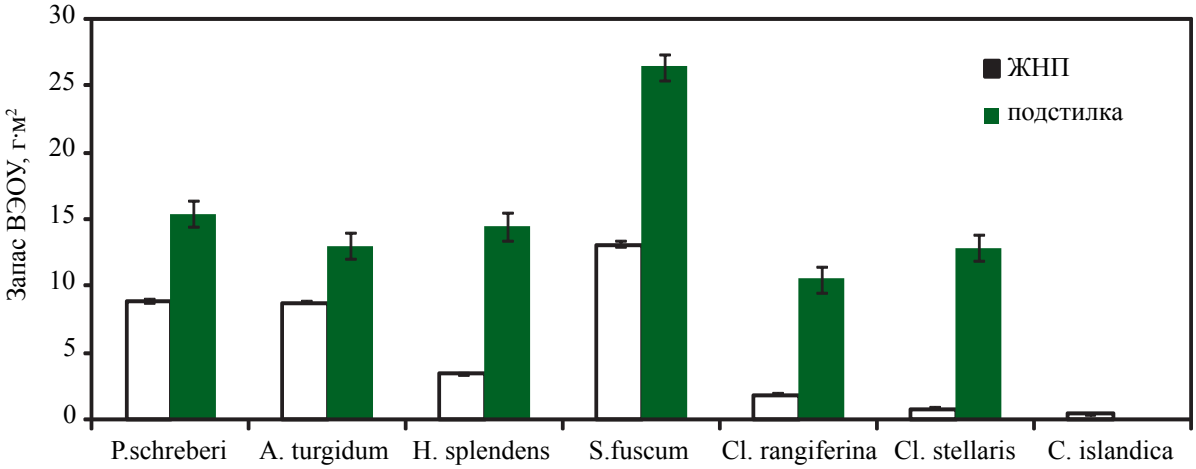


Рис. 3. Запас водоэкстрагируемого органического углерода в ассоциациях различных видов мхов и лишайников

наибольший запас органического вещества в живом напочвенном покрове (1,6 кг м$^{-2}$) и подстилках (>10 кг м$^{-2}$) (рис. 1).

Зеленые мхи предпочитают условия средней увлажненности и хорошего дренажа. В связи с этим их запас ниже и составляет для *A.*

turgidum, *P. schreberi* и *H. splendens* 0,9, 0,6 и 0,4 кг м$^{-2}$ соответственно (рис. 1). Запас подстилки между различными микроассоциациями варьирует незначительно и составляет в среднем 3,8 кг м$^{-2}$. Запасы биомассы и мортмассы в лишайниковых микроассоциациях, несмотря на значительно большее соотношение C/N как в живой (149–230), так и в отмершей (237–319) частях, подобны микроассоциациям мхов. Исключением является C. *islandica,* запас которой составляет всего 0,14 кг·м$^{-2}$. Однако следует отметить, что этот вид редко встречается целыми дерновинами и часто произрастает отдельными экземплярами среди других лишайников и мхов, вследствие чего невозможно выделить подстилку, сформированную данным видом. При 100-процентном проективном покрытии запас C. *islandica* был бы существенно выше.

Содержание ВЭОУ в сфагновых мхах составляет – 8,2 мгС г$^{-1}$, в подстилках, сформированных ими – 2,1 мгС г$^{-1}$, что в 1,7–1,9 раза ниже по сравнению с зеленомошными микроассоциациями. Вероятно, малые значения содержания водорастворимой фракции органического углерода в мортмассе обусловлены низкой скоростью разложения органического вещества. Кроме того, низкое содержание ВЭОУ непосредственно в растительном материале может обуславливать его меньшее выщелачивание с осадками в подстилку.

Наибольшим содержанием водорастворимой фракции органического вещества среди зеленых мхов отличается *P. schreberi* 14,8 мгС г$^{-1}$, что в 1,5 раза больше по сравнению с другими представителями (рис. 2). Несмотря на это, подстилки разных видов зеленых мхов не различаются по содержанию ВЭОУ, но, по-видимому, отличаются по качественному составу. Кислотность экстрактов из подстилок *S. fuscum* и *P. schreberi* выше по сравнению с другими видами, что предполагает большее содержание органических кислот, за счет которых, вероятно, также происходит увеличение удельной электропроводности данных экстрактов.

Расчет на площадные характеристики показал, что в подстилках сфагновых микроассоциаций, несмотря на низкое содержание ВЭОУ, за счет значительного накопления мортмассы запас ВЭОУ выше, чем в зеленомошных микроассоциациях. Для *H. splendens* характерен запас ВОВ в 2,3–2,6 раза ниже в зеленой части по сравнению с другими видами мхов, однако в подстилках, сформированных под разными видами, отличий не отмечено (рис. 3).

Как и для мхов, для лишайников также отмечается низкая скорость разложения, которая связана с наличием в них вторичных метаболитов, ингибирующих процесс минерализации, а также с высоким содержанием в их структуре гемицеллюлоз и уроновых кислот, устойчивых к разложению [4]. Тем не менее, мы не смогли выделить отмершую часть у C. *islandica*. По-видимому, это объясняется интенсивной скоростью разложения данного вида, несмотря на более высокое соотношение C/N по сравнению со мхами. Процесс отмирания подециев лишайника, произрастающего среди мха, протекает более интенсивно, так как моховой ковер стабилизирует микроклимат, поддерживая большую влажность и выравнивая температурный режим [5].

Среди изученных лишайников наименьшее содержание ВЭОУ характерно для *Cl. stellaris*, где оно составляет 1,4 мг г$^{-1}$, в то время как у *Cl. rangiferina* и *C. islandica* 3,1 и 2,7 мг г$^{-1}$ соответственно. Однако подстилки под *Cl. stellaris* характеризуются максимальным содержанием ВЭОУ 5 мг г$^{-1}$ (в 1,5 раза выше, чем у других видов), что предполагает большую скорость разложения растительного материала, несмотря на самое высокое соотношение C/N, равного 319. Присутствие трудно разлагаемых углеродсодержащих лигниноподобных соединений у *Cl. rangiferina* является причиной более замедленного разложения этих видов растений в природных условиях. Подстилки под *Cl. stellaris* характеризуются также и большим запасом ВЭОУ 12,9 г м$^{-2}$ (в 1,2 раза выше, по сравнению с другими видами).

Заключение

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1) межвидовое варьирование содержания углерода в зеленой части мхов и лишайниках незначительно, составило 45,8–47,2 % и 42,8–43,5 % соответственно; содержание

азота во мхах в 3 раза выше по сравнению с лишайниками и варьирует от 0.48 до 0.80 %;

2) в результате потери азотсодержащих пигментов и/или реутилизации азота в живую часть его содержание при отмирании как во мхах, так и в лишайниках уменьшается. Содержание углерода при переходе в бурую часть изменяется незначительно;

3) содержание ВЭОУ во мхах и лишайниках криолитозоны имеет слабую зависимость от химических параметров (C, N, C/N) и в большей степени определяется видовой принадлежностью и гидротермическими условиями произрастания;

4) среди зеленых мхов *P. schreberi* отличается максимальным содержанием ВЭОУ. В лишайниках содержание ВЭОУ, ниже, чем во мхах;

5) для сфагнового мха *S. fuscum* характерен наибольший запас ВЭОУ за счет значительного накопления как биомассы, так и мортмассы.

Таким образом, различия в содержании ВЭОУ среди основных доминантов живого напочвенного покрова криолитозоны обусловлены их видовой принадлежностью и особенностью гидротермических условий, свойственных экологической нише каждого определенного вида.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 10-04-01003

Библиографический список

1. Бугаенко, Т.Н. Видовое разнообразие лиственничных ассоциаций северной тайги Средней Сибири и его послепожарная трансформация: дис. … канд. биол. наук / Т.Н. Бугаенко. – Красноярск, 2002.
2. Грачева, Р.Г. Анализ динамики нахождения в почве водорастворимых органических веществ на основе лизиметрических данных / Р.Г. Грачева, А.И. Морозов, А.Б. Розанов // Почвоведение. – 1998. – № 4. – С. 412–415.
3. Кудеяров, В.Н. Азотно-углеродный баланс в почве / В.Н. Кудеяров // Почвоведение. – 1999. – №1 – С. 73–82.
4. Паринкина, О.М. Особенности разложения напочвенных лишайников в условиях горной тундры, северной и южной тайги / О.М. Паринкина, В.Н. Переверзев, Т.Х. Пийн // Почвоведение. – 1994. – № 5. – С. 42–48.
5. Толпышева, Т.Ю. Рост лишайников рода *Cladonia* и мха *Pleurozium schreberi* в сосновых лесах на побережье Белого моря / Т.Ю. Толпышева, А.К. Тимофеева, А.К. Еськова // Ботанический журнал. – 2003. – № 7. – Т. 88. – С. 27–41.
6. Zsolnay, A. Dissolved humus in soil waters / A. Piccolo // Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam: Elsevier, 1996. – P. 171–223.
7. Kalbits, K. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review / K. Kalbits, S. Solinger, J.-H. Park, B. Michalzik, E. Matzner // Soil Sci. – 2000. –V.165. – №4. – P. 277–304.
8. Matsuura, Y. Soil carbon and nitrogen storage in Siberian permafrost region / A. Osawa, O.A. Zyryanova, Y. Matsuura, T. Kajimoto, R.W. Wein // Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests.– Ecological studies, Vol. 209, DOI 10.1007/978-1-4020-9693-8. – Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, 2010. – P. 149–163.
9. Coulson, J.C. An investigation of the biotic factors determining the rates of plant decomposition on blanket bog / J.C. Coulson, J. Butterfield // Journal of Ecology. – 1978. – V.66. – P. 631–650.
10. Clymo, R.S. The ecology of Sphagnum / R.S. Clymo, P.M. Hayward // Bryophyte ecology Chapman and Hall, London. 1982. – P. 229–189.

О НЕОБХОДИМОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

О.В. ХАЙЛОВА, *доц. каф. лесных культур Приморской ГСХА, канд. биол. наук,*
Н.С. СМОЛИГОВЕЦ, *асп. каф. лесного охотоведения Приморской ГСХА,*
А.П. САРАНЧУК, *доц. каф. лесных культур Приморской ГСХА*

ilh@ primacad.ru; saranchoyk_a@mail.ru; smoligovec@mail.ru

Исключительное разнообразие видового состава дендрофлоры российского Дальнего Востока, в особенности Приморского края, общеизвестны.

Для всей территории Дальнего Востока известно 3200 видов высших растений. Из этого количества – деревьев 144 вида, кустарников – 224, деревянистых лиан – 26, кус-

тарников– 57, полукустарничков – 23, а всего растений с деревенеющими стеблями 474 вида. Эти виды относятся к 116 родам и 45 семействам.

Количество видов дендрофлоры Приморья и Приамурья – 322 вида. Из них деревьев 113 видов из 32 родов и 17 семейств, кустарников 149 видов из 43 родов и 23 семейств. Кустарничков – 16, полукустарничков – 25, деревянистых лиан –19. Только ив 46 видов.

Исключительно только в ареале Приморского края встречаются 42 вида. В том числе пихта цельнолистная – Abies holophylla, ель Комарова – Picea komarovii, лиственница ольгинская – Larix olgensis, лиственница Любарского – Larix lubarskii, сосна погребальная – Pinus funebris, хвойник односемянный – Ephedra monosperma, граб сердцелистный – Carpinus cordata, береза Комарова – Betula komarovii, береза Шмидта – Betula schmidtii, клен бородатый Acer barbinerve, клен ложнозибольдов – Acer pseudosieboldianum, клен Комарова – Acer komarovii, клен маньчжурский – Acer mandschuricum, ива Максимовича – Salix maximoviczii, ива кангинская – Salix kangensis, ива монгольская – Salix mongolica, липа корейская – Tilia koreana, ясень носолистный – Fraxinus rhynchophylla, кирказон маньчжурский – Aristolochia manshuriensis, девичий виноград – Parthenocissus tricuspidata, актинидия Жиральда – Actinidia giraldii, абелия корейская – Abelia coreana, тимьяны–Комарова, Пржевальского, хаковский, Арсеньева – Thymus komarovii, Th. przewalskii, Th. Chankoanus, Th. arsenijevii, бузина широколисточковая и корейская – Sambucus latipinna, S. coreana, дейция гладкая – Deutzia glabrata, смородина Комарова – Ribes komarovii, таволга пушистая – Spiraea pubescens, шиповник Максимовича – Rosa maximowicziana, шиповник сихотеалинский – Rosa sichotealinensis, принцепия китайская – Prinsepia sinensis, леспедеца плотнокистевая – Lespedeza cyrtobotrya, пуэрария волосистая – Pueraria hirsuta, краснопузырник круглолистный – Celastrus orbiculata, заманиха – Echinopanax elatum, рододендрон Шлипенбаха – Rhododendron schlippenbachii, сирень Вольфа – Syringa wolfii, жимолость раннецветущая – Lonicera praeflorens, вейгела ранняя – Weigela praecox.

Только на юге Приморского края, Южном Сахалине и южных Курильских островах растут вишня сахалинская – Cerasus sachalinensis, виноградовник – Ampelopsis heterophylla, актинидия острая и полигамная – Actinidia arguta, A. polygama, калопанакс – Kalopanax septemlobum. А также на юге Приморья и южных Курильских островах (на Сахалине отсутствует или же только в культурах) дуб зубчатый – Quercus dentata, мелкоплодник ольхолистный – Micromeles alnifolia.

Однако в настоящее время популяции этих видов достаточно нарушены в результате нерационального использования. Пожары и интенсивные лесозаготовительные работы привели к значительному сокращению площадей лесов с участием древесных пород не только первого, но второго и третьего ярусов. Сохранение биологического разнообразия – одна из важнейших научных и практических задач, которая необходима для функциональной структуры биосферы и составляющих ее экосистем, для поддержания стабильности протекающих в экосистемах процессах.

В лесах России зарегистрировано около 180 аборигенных видов древесных и кустарниковых пород, формирующих леса. К сожалению, при лесоустройстве таксация состава насаждений осуществляется на уровне родов, поэтому точный запас и количество местных видов для определенного географического района не определено. Среди представителей арболифлоры дальневосточных лесов в охране нуждаются 21 вид деревьев, 37 видов кустарников и 10 видов лиан, многие из которых являются редкими. Древесные растения имеют наиболее высокую опасность исчезновения по сравнению с травянистыми.

Для сохранения популяций видов древесных растений необходимо не только способствовать их возобновлению в природных условиях, но также детально изучить все способы биологии размножения древесных растений для возможности их выращивания.

Приморский край относится к зоне содействия естественному лесовозобновлению с элементами искусственного лесовыращива-

ния. Это территория больших промышленных лесозаготовок, а также лесов природоохранного значения. Лесные пожары являются тоже основной нагрузкой на Приморские леса, нередко сопровождаются коренной трансформацией естественных экосистем, вследствие чего необходим комплексный подход к воспроизводству лесов. В преобладающих случаях необходимо базироваться на содействии естественному лесовозобновлению и всем его разновидностям, а не только сохранности подроста при рубках главного пользования, т.е. минерализация почвы, подсев семян и частичные лесные культуры.

Проектируемые способы работ и принимаемые технологические решения по лесовосстановлению должны обеспечивать своевременное воспроизводство лесов, улучшение породного состава, увеличение производительности лесов.

Проектирование объемов лесовосстановительных работ осуществляют как лесничества, так и лесопользователи в соответствии с лесоустроительными проектами с учетом изменений, происшедших в лесном фонде. Основные площади лесовосстановления края – 114,4 тыс.га сплошные вырубки прошлых лет, гари, прогалины, погибшие насаждения и прочие категории площадей.

Для воспроизводства лесов Приморского края необходимо ежегодно выращивать 10 млн штук сеянцев.

Одним из перспективных направлений развития лесокультурного производства является семеноводство и выращивание посадочного материала на селекционно-генетической основе. Научное обоснование этого направления и его внедрение – залог эффективного лесовосстановления. Наука по вопросам воспроизводства всегда развивалась и имеет определенный успех по внедрению передовых технологий.

Качество выращиваемого посадочного материала оценивают по действующим государственным и отраслевым стандартам и техническим условиям.

В настоящее время разработанные для применения семенного способа размножения нормативные документы (ГОСТы) по норме высева семян, определения посевных качеств семян перед посевом: всхожесть, доброкачественность, жизнеспособность семян и др. показатели разработаны в большинстве для основных лесообразующих и некоторых подлесочных древесных пород. В частности, для большинства древесных пород флоры Приморского края такие нормативы не разработаны в силу неполноты исследований. Это для сосны могильной – Pinus funebris, абрикоса обыкновенного и сибирского Armeniaca vulgaris, A. sibirica, аралии высокой – Aralia elata, березы кустарниковой и каменной – Betula fruticosa, B. ermanii, дуба зубчатого и курчавого – Quercus dentate, Q. crispula, калопанакса семилопастного – Kalopanax septemlobus, можжевельника даурского – Juniperus davurica, дейции амурской и гладкой – Deutzia amurensis, D. glabrata, калины бурейской, вильчатой и Райта Viburnum burejaticum, V. furcatum, V. wrigtii, лещины разнолистной – Corylus heterophylla, крыжовника буреинского – Grossularia burejensis и других древесных растений.

Много еще открытых вопросов по оптимальным возможностям размножения семенами и всех способов вегетативного размножения древесных пород в условиях региона.

Не проводились исследования по размножению дальневосточных древесных растений микроклональным размножением.

Ряд древесных растений имеют периодичность в плодоношении, низкую всхожесть семян, большое количество пустых семян, их недоразвитость. Всесторонние знания биологии размножения древесных растений позволят игнорировать влияние негативных факторов на плодоношение, выращивание сеянцев и размножение растения, если оно даже в одном экземпляре и не достигло репродуктивного возраста.

Основная масса исследований, порядка 70 %, ведется в развитых странах. Наибольшую активность при этом проявляют США, Франция и Канада. Из развивающихся стран и так называемых стран с переходной экономикой можно отметить размах исследований в Китае и Индии.

Исследованиями в области биотехнологии охвачено около 140 видов деревьев, но подавляющее их число (порядка 60 %) сосредоточено только на шести видах – это сосна, эвкалипт, ель, тополь и акация

Сокращающиеся растения могут быть спасены с помощью биотехнологии. В настоящее время биотехнология используется для создания деревьев, устойчивых к различным заболеваниям и насекомым-вредителям, что существенно повышает скорость их роста. Однако не все растения легко размножаются в условиях *in vitro.* Для разведения методами микроклонального размножения нами планируется в первую очередь использовать редкие и исчезающие растения.

В отличие от клеток животных практически любая растительная клетка способна в определенных условиях и на соответствующих питательных средах регенерировать полноценные растения (свойство тотипотентности растительных клеток). Решающую роль во вторичном образовании органов (корней или почек) из недифференцированных тканей in vitro играет соотношение фитогормонов (ауксинов и цитокининов) и их концентраций в питательной среде. Изучение процесса экспериментального морфогенеза на всех уровнях организации – от отдельной клетки до верхушки побега – привело к созданию технологии клонального микроразмножения растений, которая уже в большинстве стран перешла на коммерческий уровень. Метод микроклонального размножения играет важную роль для ускоренного клонирования плодовых, ягодных, клубнеплодных, декоративных видов растений и древесных пород, избегая прививок.

По своей сути микроклональное размножение аналогично вегетативному типу размножения растений, с той лишь разницей, что оно протекает в пробирке в условиях in vitro, где из клеток изолированных тканей в итоге можно получить достаточно большое количество новых растений. Обязательным условием микроклонального размножения является идентичность полученного растительного материала исходному материнскому растению. Еще недавно этот способ рассматривали как возможность ускоренного клонирования вегетативно размножающихся видов растений, а также как вспомогательный метод освобождения растений от вирусов. Однако результаты некоторых исследований показали, что значение этого метода существенно возрастает для клоновой селекции растений (экспериментальный мутагенез и расхимеривание), криосохранения ценного исходного материала, а также ряда других. Способность к образованию больших количеств (несколько миллионов и более) соматических зародышей в условиях in vitro используется для разработки технологии массового и непрерывного получения «искусственных семян». Более того, метод клонального микроразмножения может быть с успехом использован для создания синтетических сортов. К настоящему времени число видов, которые можно клонировать «в пробирке», уже составляет около одной тысячи .

Преимуществами данного метода по сравнению с традиционными являются:

– значительно более высокие коэффициенты размножения (можно получить до 100000–1000000 мериклонов в год, тогда как при обычном размножении – 5–100 растений за тот же срок;

– миниатюризация процесса, приводящая к экономии площадей, занятых маточными и размножающимися растениями;

– оздоровление растений от грибных и бактериальных патогенов, вирусов, микоплазменных, вироидных и нематодных инфекций;

– возможность размножения и укоренения растений, размножение которых затруднено обычными способами.

Хотя метод микроклонального размножения растений является довольно трудоемким и затратным, в ряде случаев на его основе уже стало возможным создавать экономически рентабельные биотехнологии.

Таким образом, проводимые исследования особенностей всех способов размножения дальневосточных древесных пород позволят составить более детальный реестр данных возможностей по биологии размножения древесных растений, что будет спо-

собствовать разработке нормативных показателей для выращивания высокого качества посадочного материала.

Библиографический список

1. Бутенко, Р.Г. Биология культивируемых клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе, Монография / Р.Г. Бутенко. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 159 с.
2. Ковалев, А.П. Проблемы охраны лесов и многоцелевого лесопользования на Дальнем Востоке / А.П. Ковалев // Труды ФГУ «Дальневосточный НИИ лесного хозяйства». – Хабаровск: Изд-во ФГУ ДальНИИЛХ», 2005. – Вып. 38. – 283 с.
3. Калашникова, Е.А. Получение посадочного материала древесных, цветочных и травянистых растений с использованием методов клеточной и генной инженерии: учебное пособие. издание 2, испр. и доп. / Е.А. Калашникова, А.Р. Родин. – М.: МГУЛ, 2001. – 73 с.
4. Катаева, Н.В. Клональное микроразмножение растений / Н.В. Катаева, Р. Г. Бутенко. – М., 1983. – 134 с.
5. Нормы выхода стандартных сеянцев деревьев и кустарников в лесных питомниках Российской Федерации. – М.: Федер. служ .лесн. хоз-ва России, 1996. – 46 с.
6. ОСТ 56-98-93. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Техн. условия. Введены с 01.04.94.-М.:Федер. служ. лесн.хоз-ва России, 1994.– 39 с.
7. ОСТ 56-99-93. Отраслевой стандарт. Лесные культуры. Оценка качества.–М.:Фед. служ. лесн.хоз-ва России, 1993.–35с.
8. Харкевич, С.С. Редкие виды растений советского Дальнего Востока и их охрана / С.С. Харкевич. – М.: Наука, 1981. – 234 с.

ЗОНИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ДЛИТЕЛЬНОМУ ТЕХНОГЕЗУ

С.А. ЧЖАН, *доц. каф. лесоинженерного дела, Братского ГУ, канд. с.-х. наук*

schzan@rambler.ru

В настоящее время не существует единого подхода к зонированию лесов, подверженных длительному аэротехногенному загрязнению. На основании обзора технической и научной литературы по данному вопросу следует отметить некоторые общие тенденции в подходе к зонированию воздействия промвыбросов на древостой. В основу положено сочетание содержания промвыбросов в атмосфере и состояния насаждений. В остальном расхождения довольно значительны.

Учитывая специфику климата, состава и возраста древостоев в районе города Братска, высокие уровни загрязняющих веществ, следует считать целесообразным обобщить имеющиеся материалы и предложить свой подход к зонированию насаждений, поврежденных промвыбросами.

Первые схемы зонирования лесов вокруг города Братска, находящихся под влиянием промвыбросов, были составлены в 1985–1986 гг., когда еще не наступили процессы стабилизации деградации. Согласно этой схеме выделены 3 условные зоны: первая – зона сильного влияния промвыбросов, в которую вошли, в основном, усыхающие и погибшие древостои протяженностью от 8 до 22 км; вторая – зона среднего влияния промвыбросов, в которую вошли сильно ослабленные насаждения, удаленность внешней границы зоны от алюминиевого завода от 16 до 34 км; третья – зона слабого влияния промвыбросов, объединившая ослабленные, а также здоровые с признаками влияния промвыбросов насаждения; удаленность внешней границы от алюминиевого завода от 32 до 50 км. К достоинствам этой схемы зонирования следует отнести простоту выделения границ зон, единство лесохозяйственных мероприятий в каждой зоне, однако нет связи зонирования с количеством выбросов, с розой ветров [1].

Задачей исследования является на основе существующих схем зонирования, данных материалов пробных площадей, данных по количеству выбросов, лесохозяйственных мероприятий предложить наиболее оптимальную схему зонирования на основе комплекса различных факторов.

При составлении схемы зонирования использовался картографический метод. По

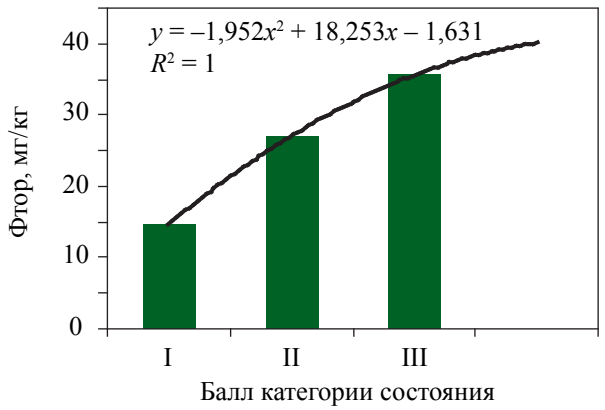


Рис. 1. Зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне экстремального загрязнения

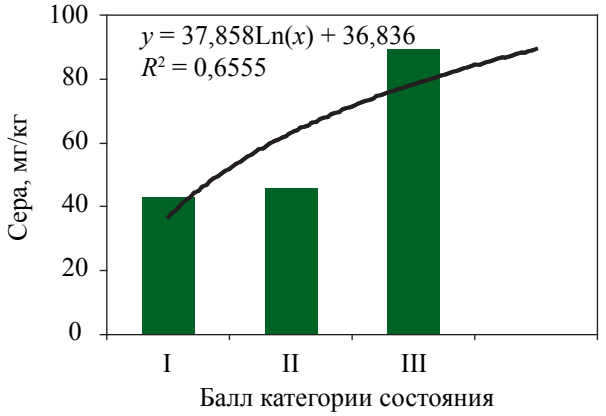


Рис. 2. Зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне экстремального загрязнения

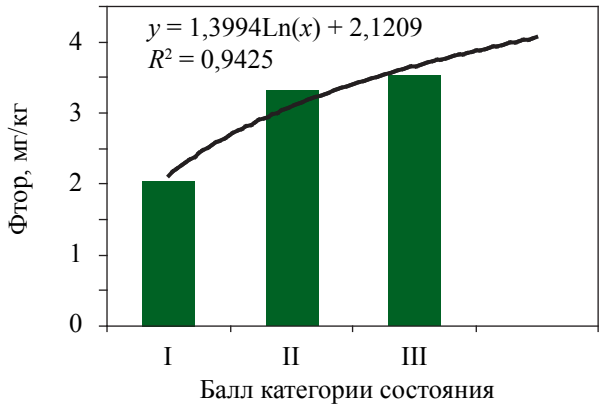


Рис. 3. Зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне сильного загрязнения

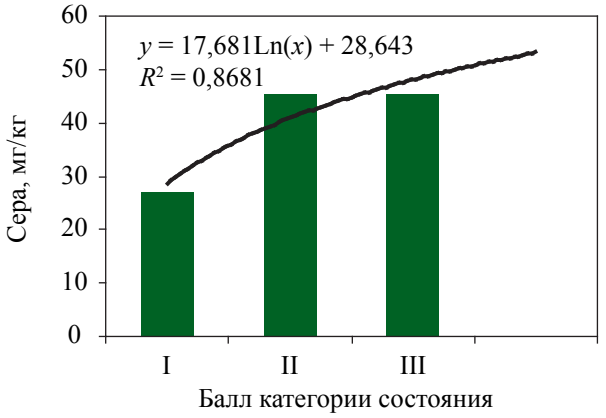


Рис. 4. Зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне сильного загрязнения

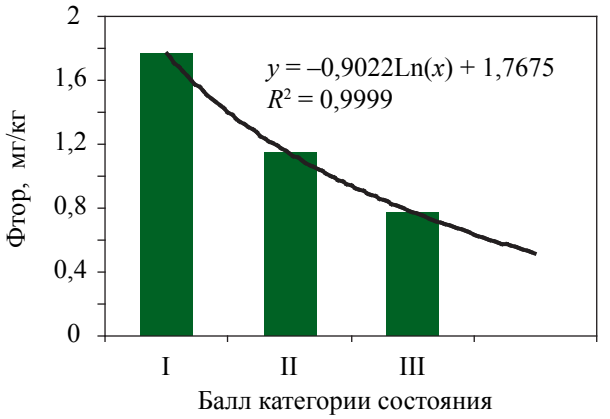


Рис. 5. Зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне слабого загрязнения

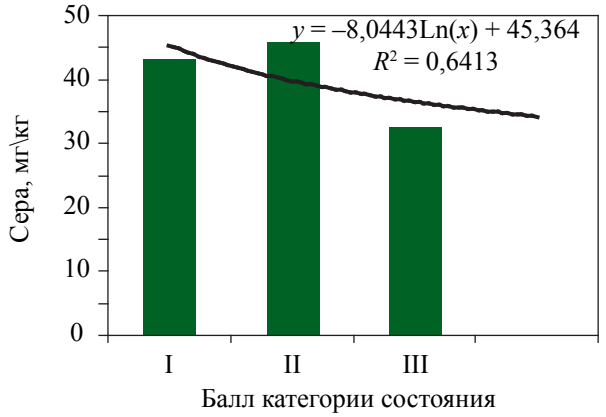


Рис. 6. Зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне слабого загрязнения

закладке пробных площадей критерием зонирования оставили средний балл категории состояния насаждений. Но по полученным данным выявили, что средний балл категории состояния для определения зон загрязнения не может являться абсолютным. Поэтому предлагаемая схема зонирования по результатам экологического мониторинга лесов 2007–2009 гг. основывается на корреляции среднего балла категории состояния на постоянных пробных

площадях с уровнем накопления основных загрязняющих компонентов в хвое на основании данных лабораторных исследований, проведенных сертифицированной лабораторией ЦЛАТИ (г. Братск). Лабораторные исследования проводились по общепринятым методикам по следующим токсикантам: фтор, сера, бенз(а)пирен, алюминий, кремний [2]. Из данных компонентов загрязнения были выделены те элементы, которые имеют наибольшую положительную корреляцию между средним баллом категории состояния. Поскольку на некоторых пробных площадях, находящихся достаточно близко друг от друга, содержание загрязняющих веществ отличается достаточно существенно, при составлении схемы зонирования были использованы усредненные данные по этим пробным площадям. Как показали результаты корреляционной зависимости, наиболее информативными элементами загрязнения являются фториды и диоксид серы. На основании данных выявлено, что наивысшую корреляцию между баллом категории состояния и уровнем токсикантов в хвое имеют фториды. На основании этой зависимости предложено деление всех исследованных лесов по уровню содержания фторидов. Первая зона – свыше 8 мг/кг сухого веса хвои. Вторая зона – от 2,1 до 8 мг/кг сухого веса хвои. Третья зона – от 0 до 2 мг/кг сухого веса хвои.

В связи с этим пробные площади были также разбиты на три зоны и определены коэффициенты корреляции между состоянием древостоя на пробных площадях по зонам и уровнем содержания фторидов.

На рис. 1 представлена зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне экстремального загрязнения.

Как видно из рисунка, прослеживается тесная корреляционная зависимость между содержанием фторидов и средним баллом категории состояния деревьев. Средний балл категории состояния 2,3. Это означает, что деревья, хотя и имеют средний возраст не более 50 лет, относятся уже к категории ослабленных и сильно ослабленных древостоев.

На рис. 2 представлена зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне экстремального загрязнения

Из рисунка видно, что содержание серы имеет тесную корреляционную связь между баллом категории состояния и уровнем серы в хвое. Так, наименьшее содержание серы на площадках со здоровыми деревьями, наибольшее – на площадях с преобладанием ослабленных и усыхающих деревьев.

На рис. 3 представлена зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне сильного загрязнения.

Из рисунка видно, что прослеживается тесная корреляционная зависимость между содержанием фторидов и средним баллом категории состояния деревьев. Средний балл категории состояния 1,8. Это означает, что деревья имеют лучшее санитарно-экологическое состояние, чем древостои первой зоны, и в основном относятся к категории здоровых и ослабленных деревьев.

На рис. 4 представлена зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне сильного загрязнения.

Из рисунка видно, что содержание серы имеет тесную корреляционную связь между баллом категории состояния и уровнем серы в хвое. Так, наименьшее содержание серы на площадках со здоровыми деревьями, наибольшее – на площадях с преобладанием второго и третьего балла категории состояния, т.е. ослабленных и сильно ослабленных деревьев.

На рис. 5 представлена зависимость между содержанием фтора в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне слабого загрязнения.

Из рисунка видно, что прослеживается тесная корреляционная зависимость между содержанием фторидов и средним баллом категории состояния деревьев. Средний балл категории состояния 1,6. Существенной разницы между состоянием древостоев второй и третьей зоной не наблюдается, хотя средний балл категории состояния лучше, но в этой зоне содержится значительно меньшее количество фторидов в хвое, что и послужило основой для выделения третьей зоны.

На рис. 6 представлена зависимость между содержанием серы в хвое деревьев и баллом категории состояния в зоне слабого загрязнения.

Из рисунка видно, что содержание серы имеет обратную корреляционную связь между баллом категории состояния и уровнем серы в хвое. Так, наименьшее содержание серы приходится на ослабленные деревья, а наибольшее содержание на здоровые деревья.

Эти компоненты являются наиболее агрессивными для зеленых растений, в частности для хвойных пород, поэтому в качестве индикаторов при составлении зонирования были взяты усредненные значения содержания этих веществ на различных пробных площадях.

В результате совмещения картосхем по содержанию фтора в хвое древостоев выявлены 3 зоны и установлены характеристики этих зон.

Зона I или зона экстремального загрязнения древостоев. Имеет вытянутую конфигурацию по направлению преобладающих ветров, с Ю-З на С-В. Содержания фтора в хвое свыше 8 мг/кг, средний балл категории состояния 2,3. В Ю-В направлении зона заканчивается и граничит с санитарной зоной алюминиевого завода. Средний радиус зоны составляет 5–6 км.

Зона II – зона сильного загрязнения древостоев. В эту зону входят древостои, интенсивно накопившие твердые и растворимые загрязнители, содержание фтора в хвое от 2–8 мг/кг, средний балл категории состояния 1,8. Эта зона имеет сильно вытянутую конфигурацию и значительную площадь, т.е. можно отметить, что почти вся обследованная территория может быть отнесена ко второй зоне. Максимальная протяженность зоны с ЮВ на СЗ составляет около 60–70 км. Ширина зоны составляет около 30 км.

Зона III – зона слабого загрязнения древостоев. Не имеет четко выраженной конфигурации, т.к. не найдены пробные площади, которые можно было бы отнести к условно чистым или фоновым зонам.

Выделение предложенных зон велось по содержанию фтора в хвое древостоев и по данным исследований является абсолютным критерием для определения радиусов зон загрязнения.

Библиографический список

1. Рунова, Е.М. Влияние техногенного загрязнения на леса Приангарья / Е.М. Рунова. – Братск: БрИИ, 1999. – 107 с.
2. Чжан, С.А. Особенности накопления загрязняющих веществ в хвое сосны обыкновенной / С.А. Чжан, Е.М. Рунова, О.А. Пузанова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2009. – № 3(66). – С. 62–64.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФЕНОДАТ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (PICEA ABIES) В БЕЛАРУСИ

В.Б. ЗВЯГИНЦЕВ, *зав. каф. лесозащиты и древесиноведения БГТУ, канд. биол. наук,*
Н.В. ЮЖИК, *асп. каф. лесозащиты и древесиноведения БГТУ*

uzh-nat@mail.ru

Наиболее существенным фактором снижения урожайности лесосеменных плантаций хвойных пород является повреждение генеративных органов растений насекомыми-конобионтами. В последние годы эта группа вредителей уничтожает от 70 до 100 % семян, принося существенных ущерб лесному хозяйству Беларуси [12].

Существует тесная связь между развитием насекомых-конобионтов и фенологическими фазами хвойных пород. Поэтому фенологические наблюдения являются неотъемлемой частью комплекса мероприятий по защите урожая семян. Знание сроков лета вредителей генеративных органов позволит более точно определять время применения защитных обработок, что существенно повысит эффективность проводимых мероприятий.

Начало лета наиболее вредоносной весенней фенологической группы конобионтов ели европейской (*Picea abies*) (цветочные мухи, галлицы, листовертки) как правило

совпадает с периодом пыления кормовой породы. Летняя фенологическая группа насекомых (огневки, пяденицы, семяеды) заселяет уже сформированные шишки [7].

На фенологические даты влияет сложный комплекс метеорологических факторов и в наибольшей степени температура воздуха. Для определения показателя суммарной потребности растения в тепле служат суммы температур, которые условно характеризуют количество тепла в данной местности за определенный период [8]. Г.Т. Селяниновым впервые были использованы суммы активных температур, являющиеся показателями обеспеченности теплом периода вегетации растений [6].

Согласно исследованиям Юркевича И.Д., Голода Д.С., Ярошевича Э.П. [10], проведенным в 70-х г.г. прошлого века, сроки наступления цветения ели европейской в Центральном ботаническом саду АН БССР приходятся на 16 мая с возможным отклонением ±5,0. Следовательно, начало цветения ели 40 лет назад наблюдалось с 11 по 21 мая.

Климатологические исследования белорусских ученых показали, что период, начиная с 1988 и по настоящее время, был самым теплым за всю историю инструментальных наблюдений. Среднегодовая температура воздуха по республике превысила норму более чем на 1°С [2, 4]. Причем, положительная аномалия температур более значительна в зимние и весенние месяцы [2]. Сопутствующее увеличение периода вегетации привело к изменению границ агроклиматических областей Беларуси [3] и не могло не отразиться на изменении сроков наступления фенофаз растений и их вредителей.

Целью данных исследований была фиксация изменений сроков наступления некоторых фенофаз ели европейской и выявление температурных показателей для прогноза начала цветения этой породы, которые будут положены в основу мероприятий по ограничению вредоносности насекомых-конобионтов.

Методика исследований

Материалы по фенологии ели были получены в результате многолетних учетов (2008–2011) на территории г. Минска (данные за 2007 г. взяты в Республиканском селекционно-семеноводческом центре (РЛССЦ)). Для подсчета прогнозных температурных показателей использовались сведения городской метеостанции. Затем, используя результаты учетов, рассчитывали суммы температур за 2007–2011 гг. и проводили статистическую обработку данных.

Суммы активных температур получали путем сложения средних суточных температур свыше 10°С за определенный период [6].

Для выражения потребности растения в тепле применяются также суммы эффективных температур. Это суммы средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума – температурного ограничения развития растения. Для ели европейской за нижний порог развития большинство авторов [5, 9] принимает 5°С.

Кроме вышеперечисленных температурных показателей, нами были также проанализированы суммы положительных температур, рассчитанные за период от первой положительной температуры с начала года до начала цветения. Для удобства подсчета фенодат использовалась предложенная Г.Н. Зайцевым методика перевода календарных значений в условные числа непрерывного ряда, отсчет которых начинается с 1 марта [1].

Результаты и обсуждения

Сведения о цветении ели, полученные на территории г. Минска, были проанализированы совместно с температурными показателями (табл. 1). Наиболее тесную связь с началом цветения ели имеет сумма положительных температур с 1 марта до начала цветения. Относительная ошибка (*P*) в данном случае оказалась наименьшей и составила 3,13 %, более стабильный здесь и коэффициент вариации (*V*) – 7,00 %. Так, исходя из данного показателя, время начала цветения ели происходит при накоплении суммы положительных температур с 1 марта в пределах 353,52±24,74°С.

Обработка полученного материала показала значительную изменчивость коэффициента вариации по суммам эффективных

Таблица 1

Зависимость начала цветения ели европейской от температурных показателей

Начало цветения	Сумма положительных температур, °С	Сумма положительных температур, °С (с 1.03. до начала цветения)	Сумма эффективных температур, °С	Сумма активных температур, °С
08.05.2007	451,10	377,27	112,27	64,46
01.05.2008	412,61	351,13	138,35	150,30
07.05.2009	382,51	373,14	165,35	172,07
01.05.2010	355,90	351,10	142,43	128,69
05.05.2011	327,35	314,96	130,34	132,49
$\bar{x}$	385,89 ± 48,23	353,52 ± 24,74	137,75 ± 19,29	129,60 ± 40,26
V, %	12,50	7,00	14,80	31,06
P, %	5,59	3,13	6,26	10,72
$\bar{x} \pm 2\sum_{\bar{x}}$	385,89 ± 43,14	353,52 ± 22,12	137,75 ± 17,26	129,60 ± 27,78

Таблица 2

Сроки начала цветения ели европейской

Годы	Фенодата	
	календарная	в днях от 1 марта
2007	08.05.	69
2008	01.05.	62
2009	07.05.	68
2010	01.05.	62
2011	05.05.	66
$\bar{x}$	–	65,40
$s_{\bar{x}}$	–	1,47
s	–	3,29
V, %	–	5,03
P, %	–	2,25

и, особенно, активных температур (14,80 и 31,06 % соответственно).

Средней условной датой срока начала цветения ели европейской в пределах г. Минска, согласно результатам наблюдений за последние 5 лет, является 65,40 (табл. 2). При переводе данного значения к фактическому календарному получаем 4 мая, с возможным отклонением ±3,29, или приблизительно 3 дня. Поэтому необходимо принять во внимание, что данные сроки цветения ели (с 1 по 7 мая) являются оптимальными для проведения защитных обработок против насекомых-конобионтов на обследуемой территории. Сравнивая полученные данные с результатами исследований, проведенных в 70-х гг. на территории Центрального ботанического сада (г. Минск) [10], можно отметить, что сроки начала цветения ели сместились в среднем на 12 дней в сторону более ранних.

В фазе цветения выделяют такие фенологические явления, как начало цветения, массовое цветение и конец цветения [10]. Рассмотрение данных явлений представляет особый интерес, поскольку, во-первых, от интенсивности и ритма цветения зависит урожай семян, и, во-вторых, дата массового цветения ели является хоть и косвенным, но достаточно точным индикатором начала лета весенней группы вредителей генеративных органов и ориентировочной датой проведения первой защитной обработки. Вызвали интерес и пространственно-географические фенологические закономерности при продвижении с севера республики на юг.

С этой целью нами были проанализированы предоставленные сотрудниками РЛССЦ данные о цветении и созревании плодов и семян ели в различных Государственных производственных лесохозяйственных объедине-

Таблица 3

Средние многолетние фенодаты ели европейской (2006–2010)

Регион (ГПЛХО)	Даты	Цветение			Созревание	
		начало цветения	массовое цветение	конец цветения	массовое образование плодов, семян	массовое созревание плодов, семян
Витебское	в условных числах	74,5±1,29	79,0±1,83	83,0±0,82	108,5±1,29	247,5±1,29
	календарные	13.05.	18.05.	22.06.	16.06.	02.11.
Минское	в условных числах	71,5±1,29	76,0±1,83	80,0±0,82	103,0±5,48	244,2±1,50
	календарные	09.05.	15.05.	19.05.	11.06.	30.10.
Минский р-н	в условных числах	67,5±3,87	74,0±1,83	78,0±0,82	101,0±5,48	242,5±1,91
	календарные	06.05.	13.05.	17.05.	09.06.	28.10.
Гродненское	в условных числах	70,5±1,29	75,0±1,83	79,0±0,82	102,0±5,48	243,5±1,73
	календарные	09.05.	14.05.	18.05.	10.06.	29.10.
Могилевское	в условных числах	73,5±1,29	78,0±1,83	82,0±0,82	107,5±1,29	246,5±1,29
	календарные	12.05.	17.05.	21.05.	15.06.	01.11.
Гомельское	в условных числах	66,5±1,29	71,0±1,83	75,0±0,82	98,2±5,74	239,0±1,15
	календарные	05.05.	10.05.	14.05.	06.06.	25.10.
Брестское	в условных числах	68,5±1,29	73,0±1,83	77,0±0,82	100,5±5,26	241,0±1,15
	календарные	07.05.	12.05.	16.05.	08.06.	27.10.

ниях (ГПЛХО), расположенных в различных геоклиматических условиях, а также проведен анализ средних показателей фенодат при переводе календарных дат в непрерывный ряд, подсчитанный с возможным стандартным отклонением (табл. 3).

Анализ и обобщение фенологических наблюдений, проведенных в течение 2006–2010 гг., дали возможность установить ряд фенолого-географических закономерностей.

Продолжительность фазы цветения (время от наступления до конца цветения) ели на территории Беларуси является достоверной постоянной величиной и составляет в среднем 8–9 дней. В отдельные годы отмечается увеличение длительности цветения на 1–2 дня, что, по-видимому, связано с локальным отклонением дневных температур от многолетней нормы в период цветения. Более резкие региональные отличия наблюдаются по срокам наступления генеративных фенофаз. Так, например, начало цветения ели на севере республики наблюдается 12–15 мая, в южной части – 6–9 мая. Данные отличия объясняются тем, что в южных регионах страны быстрее происходит накопление суммы положительных температур в отличие от северных. Еще более раннее начало цветения ели наблюдается в г. Минске. В.Ф. Логинов такие закономерности объясняет большими энергетическими потоками и механическими преобразованиями в городе, вызванными хозяйственной деятельностью человека. Все городские экосистемы являются в той или иной степени деформированными по сравнению с исходными за счет повышенной концентрации промышленности и населения на ограниченной территории [13].

Можно говорить и о более ранних сроках наступления массового созревания плодов и семян в южных регионах (25 (Гомельское ГПЛХО) – 27 октября (Брестское ГПЛХО)) в сравнении с северными (30 октября (Минское ГПЛХО) – 2 ноября (Витебское ГПЛХО)).

Массовое образование плодов и семян наступает спустя 31–34 дня после начала цветения, а полное созревание – через 172–173 дня.

Заключение

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы.

1) Сумма положительных температур воздуха с 1 марта до начала цветения является наиболее достоверным температурным показателем для прогнозирования даты начала цветения ели. Цветение данной породы на территории г. Минска начинается при накоплении суммы положительных температур с 1 марта 353,52±24,74°С.

2) Из-за увеличения средних температур зимних и весенних месяцев сроки начала цветения за 40 лет сместились в среднем на

12 дней в сторону более ранних (на севере – 12–15 мая, на юге – 6–9 мая).

3) Наиболее ранний срок наступления начала цветения ели происходит в г. Минске (1 по 7 мая). Это объясняется более быстрым накоплением суммы положительных температур с 1 марта вследствие активной хозяйственной деятельности человека.

4) Фаза цветения ели в Беларуси является постоянной величиной и длится в среднем 8–9 дней.

5) Массовое образование плодов и семян наступает спустя 31–34 дня после начала цветения, а полное созревание – через 172–173 дня и должно сопровождаться сбором урожая.

Библиографический список

1. Зайцев, Г.Н. Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. – М., 1981. – 120 с.
2. Логинов, В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В.Ф. Логинов. – Минск, 2008. – 495.
3. Мельник, В.И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы Полесья / В.И. Мельник, Е.В. Комаровская // Европейское Полесье – Хозяйственная значимость и экологические риски. – Минск, 2007. – С. 221–225.
4. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды // Состояние окружающей среды Республики Беларусь: Национальный доклад. – Минск, 2010. – С. 31.
5. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – М., 1975. – 200 с.
6. Селянинов, Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата / Г.Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – Л., 1928. – Вып. 20. – С. 28–30.
7. Стадницкий, Г.В. Вредители шишек и семян хвойных пород / Г.В. Стадницкий, Г.И. Юрченко, А.Н. Сметанин и др. – М., 1978. – 168 с.
8. Чирков, Ю.И. Агрометеорология / Ю.И. Чирков. – Л., 1986. – 296 с.
9. Юркевич, И.Д. Сезонное развитие ели европейской / И.Д. Юркевич, Д.С. Голод. – Минск, 1966. – 71 с.
10. Юркевич, И.Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений / И.Д. Юркевич, Д.С. Голод, Э.П. Ярошевич. – Минск, 1980. – 87 с.
11. Южик, Н.В. Факторы, снижающие семенную продуктивность еловых насаждений / Н.В. Южик, В.Б. Звягинцев, А.И. Блинцов, Я.И. Марченко // Труды БГТУ. Сер. I лесн. хоз-во. – Минск, 2010. – Вып. XVIII. – С. 331–334
12. Robinson, W.H. Urban entomology / W.H. Robinson. – London, 1996. – 430 p.

СКРИНИНГ ФУНГИЦИДОВ И БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ СОСНЫ ОТ ДИПЛОДИОЗА

Н.О. АЗОВСКАЯ, *асп. каф. лесозащиты и древесиноведения БГТУ,*
В.А. ЯРМОЛОВИЧ, *доц. каф. лесозащиты и древесиноведения БГТУ, канд. биол. наук*

azovskaya_natasha@tut.by; yarm@tut.by

С 2009 г. в сосновых молодняках и лесных культурах Беларуси наблюдается широкая распространенность нового для республики заболевания – диплодиоза. Заболевание вызывается грибом *Sphaeropsis sapinea* (Fr. ex. Fr.) Dyko et Sutto (= *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx.). По данным лесопатологических обследований, распространенность диплодиоза в I–II классах возраста достигает 37 % [1].

Диплодиоз сосны проявляется в усыхании молодых побегов текущего года (центрального или боковых), что приводит к снижению линейного прироста больных деревьев уже в первый год развития заболевания. При поражении значительного числа побегов может произойти гибель дерева, при поражении верхушечного побега в течение нескольких лет деревья становятся многовершинными и деформированными.

В связи с тем, что диплодиоз за короткий период распространился на большие площади и в настоящее время широко встречается в лесных питомниках и культурах, остро встал вопрос о защите деревьев сосны в начальный период их роста и развития, когда они наиболее подвержены воздействию возбудителя болезни.

Методика исследований

Постановку и проведение опытов по испытанию эффективности препаратов осуществляли исходя из рекомендаций, подготовленных сотрудниками РУП «Институт защиты растений» [2, 3].

Химические обработки были проведены согласно методическим указаниям В.Ф. Пересыпкина и др. [4].

Из пестицидов применяли современные 1–3-компонентные препараты, которые относятся к различным химическим классам, что полностью исключает возникновение резистентности. Данные препараты обладают профилактическим, лечебным и искореняющим действием с хорошо выраженным стоп-эффектом и широким диапазоном сроков применения. Они также обладают пролонгированным действием (период защитного действия 2–3 недели в зависимости от степени инфицированности растений и погодно-климатических условий) [5]. Фунгициды были проверены на предмет содержания в них опасных веществ, запрещенных к применению в FSC-сертифицированных лесхозах [12]. Наряду с применением фунгицидов химической природы мы также испытывали биологические препараты фунгицидного действия. Из биологических препаратов были взяты Триходермин-БЛ (на основе гриба *Trichoderma lignorum*), Фрутин, Ж; Фитопротектин, Ж; и Бетапротектин, Ж на основе бактерии *Bacillus subtilis*, Экогрин, Ж на основе бактерии *Pseudomonas aurantiaca* и Бревисин, Ж на основе бактерии *Bacillus brevis*.

Полевые исследования были проведены в 2011 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Для закладки опытов отбирали участок, идентичный на всей площади по условиям произрастания растений. Для определения биологической эффективности фунгицидов нами был взят участок лесных культур сосны обыкновенной возраста 6 лет, который был создан посадочным материалом с открытой корневой системой. Предварительное обследование на участках показало широкую распространенность заболевания (22 %).

Опыт проводился в 3-х кратной повторности по каждой концентрации испытуемых препаратов. Проведение обработок растений и защитные мероприятия осуществлялись по общепринятым методикам [6, 7].

В конце вегетационного сезона проводился заключительный подсчет пораженных растений и степень развития заболеваний на них. Распространенность и развитие болезни рассчитывали по общепринятым методикам [8].

Эффективность действия препаратов оценивали по модифицированной формуле Аббота (формула), которая интегрирует влияние факторов, определяющих естественную гибель в контроле [3].

$$БЭ= (К–О)/К,$$

где БЭ – биологическая эффективность;

К – развитие болезни в контроле (без обработки), %;

О – развитие болезни в испытываемом варианте после обработки, %.

Результаты и обсуждения

Полевым исследованиям предшествовали лабораторные испытания по ингибированию роста мицелия гриба *Sphaeropsis sapinea*. Испытано 8 фунгицидов (в различных концентрациях) путем добавления пестицидов в чашки Петри и 6 биопрепаратов методом лунок для бактериальных препаратов и методом встречных культур для грибного препарата. Лабораторные опыты показали, что при использовании бактериальных препаратов на основе бактерии *Bacillus subtilis* происходит задержка роста патогена, а при воздействии грибного препарата Триходермин-БЛ практически полностью подавлялся рост патогенного гриба *Sphaeropsis sapinea* при первоначальном высеве *Trichoderma lignorum*. Лучшими фунгицидами *in vitro* из пестицидов являлись Менара, КЭ и Скор, КЭ [9]. Они и были взяты для полевого опыта по химической защите. Несмотря на достаточно низкую эффективность при лабораторных испытаниях, была взята Бордосская смесь в качестве эталона в связи с ее использованием в зарубежных странах против диплодиоза [10].

Таблица

Воздействие фунгицидов на распространенность и развитие диплодиоза, %

Препарат (вариант опыта)	Концентрация препарата	Распространенность	Развитие
Фрутин	2,0	6,7	0,1
Фрутин	5,0	3,3	0,1
Фитопротектин	2,0	10,0	0,1
Фитопротектин	5,0	3,3	0,1
Бетапротектин	2,0	6,7	0,1
Бетапротектин	5,0	0,0	0,2
Экогрин	1,0	3,3	0,1
Экогрин	2,0	13,3	0,4
Бревисин	2,0	13,3	0,3
Бревисин	5,0	6,7	0,2
Триходермин	1,0	6,7	0,1
Триходермин	2,0	10,0	0,2
Скор	0,1	6,6	0,2
Скор	0,2	3,3	0,1
Менара	0,1	3,3	0,1
Менара	0,2	3,3	0,1
Бордосская смесь (эталон)	1,0	13,3	0,2
Контроль	–	40,0	4,9

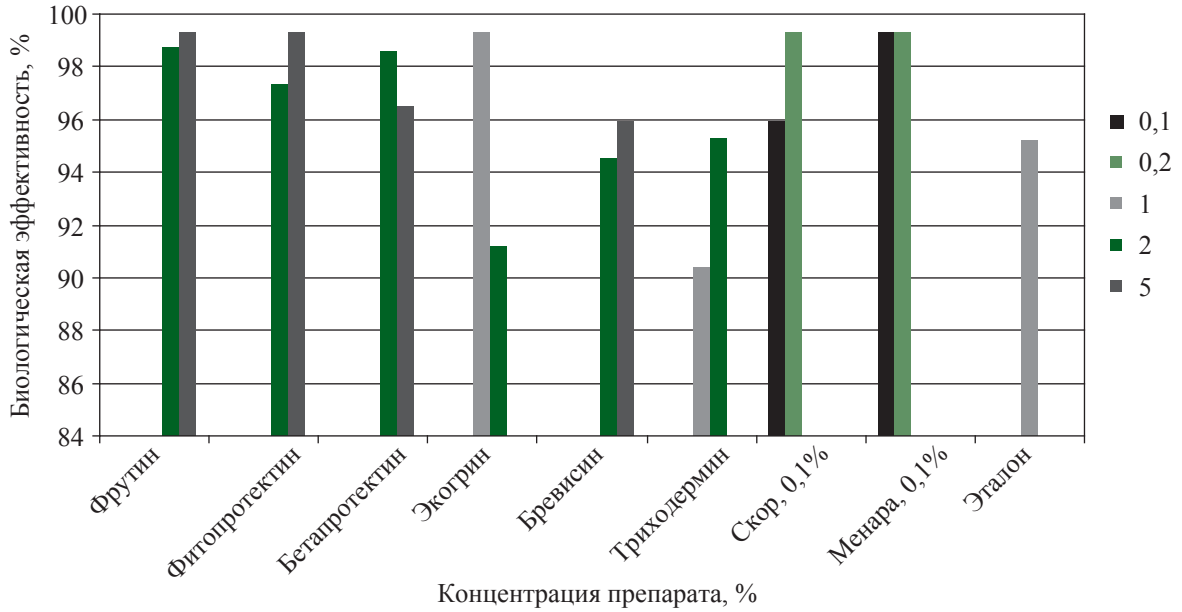


Рисунок. Биологическая эффективность препаратов против диплодиоза

Как показали результаты полевых исследований, применение данных фунгицидов дает высокий результат только в начале роста побегов, когда происходит заражение патогеном. Поэтому первую обработку целесообразно проводить в начале вегетационного сезона (начало мая).

Влияние фунгицидов на развитие и распространенность заболевания, а также эффективность препаратов с различными концентрациями приведены в табл. и на рисунке.

Таким образом, самую высокую эффективность показали химические препараты Менара и Скор (99,3 %), из биопрепаратов – Фрутин и Фитопротектин (97–99 %). Менее результативным был препарат Триходермин (90–95 %). Понижение концент-

рации препаратов в большинстве случаев приводило к снижению их эффективности. Высокая концентрация препарата Экогрин в ряде случаев вызывала ожоги тканей, что приводило к понижению устойчивости растений к болезни.

Высокий уровень эффективности биопрепаратов в полевых опытах, почти на уровне фунгицидов, в практике защиты растений наблюдается достаточно редко. Возможно, в год обработки погодные условия максимально благоприятствовали действию биологических агентов защиты и обработки точно совпали со сроками массового разлета спор патогена. В дальнейшем работы по биологической защите планируется продолжить.

Основные выводы

В годы эпифитотийного развития диплодиоза на территории Беларуси рекомендуется двукратное опрыскивание молодых растений препаратом Менара, КЭ в концентрации 0,1 % (норма расхода 0,5 л/га). Первая обработка должна проводиться в начале мая (начало роста молодых побегов), вторая планируется с интервалом в 2–3 недели. В условиях, где нежелательно применять пестициды, следует использовать биопрепараты Фрутин, Ж Фитопротектин, Ж в концентрации 5 % (22,5 л/га) и Бетапротектин, Ж – 2 % (9 л/га). На основании проведенных нами исследований данные препараты включены в Государственный реестр средств защиты растений против диплодиоза на хвойных породах [11].

Библиографический список

1. Сазонов А.А. Инфекционное усыхание побегов сосны в лесах Брестской области / А.А. Сазонов, В.А. Ярмолович, Н.О. Азовская // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Вып. 70. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2010. – С. 497–506.
2. Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней / Л.И. Прищепа, Н.И. Микульская, Д.В. Войтко; РУП «Институт защиты растений». – Несвиж: Несвижская укр. типограф. им. С. Будного, 2008. – 56 с.
3. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. С.Ф. Буга; РУП «Институт защиты растений». – Несвиж: Несвижская укр. типограф. им. С. Будного, 2007 – 512 с.
4. Пересыпкин, В.Ф. Практикум по методике опытного дела в защите растений / под общ. ред. В.Ф. Пересыпкина. – М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.
5. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. – Минск: РУП «Белбланкавыд», 2008.– 460 с.
6. Воронцов, А.И. Лесозащита / А.И. Воронцов, И.Г. Семенкова – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 336 с.
7. Полещук, Ю.М. Технология лесозащиты: учеб. пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство» / Ю.М. Полещук. – Минск: БГТУ, 2004. – 164 с.
8. Чураков, Б.П. Фитопатология: учебник / Б.П. Чураков, Д.Б. Чураков. – М.: МГУЛ, 2007. – 424 с.
9. Диплодиоз хвойных пород и обоснование мероприятий по профилактике и защите от болезни: отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. технол. ун-т; рук. темы Н.О. Азовская. – Минск, 2011. – № ГР 20111841. – 59 с.
10. Кизикелашвили, О.Г. Результаты изучения диплодиоза пицундской сосны в Грузии: Дис. канд. биол. наук / О.Г. Кизикелашвили. – Тбилиси: «Мецниереба», 1971. – С. 210.
11. Дополнение к государственному реестру средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь от 15 ноября 2011 г./ Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Государственное учреждение «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений». – Минск, 2011. – 33 с. (http://www.ggiskzr.by/doc/protection/Dopolnenie_15_11_11.pdf)
12. FSC Pesticides Policy: guidance on implementation / Forest Stewardship Council, 2007. – 23 p.

ДЕГРАДАЦИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА

Т.С. САНАЕВА, *асп. каф. садово-паркового и ландшафтного строительства МГУЛ*

isanaev@gmail.com

Город – это особая социально-экономическая и природная среда обитания живых организмов, в том числе и человека. Городская среда характеризуется плотной многоэтажной застройкой, обилием искусственных материалов, изменением режима освещения, высоким уровнем шума, вибрации и электромагнитных полей, радиационного фона. Сильно изменены городские грунты, загрязнены поверхностные и подземные воды, воздух. При таком интенсивном загрязнении окружающей среды мегаполисов значительно возросла роль травянистых растений как неотъемлемого элемента озеленения городских территорий, так как они выполняют не только эстетическую функцию, но и играют огромную санитарно-гигиеническую роль. Значение растительного покрова в городе велико и по своим функциям разнообразно. Зеленые насаждения выполняют санитарно-гигиенические функции, такие как пыле- и газопоглощение, химическая и биологическая очистка городского воздуха, смягчение микроклимата, снижение уровня шума и т.п. Они создают благоприятные условия для кратковременного отдыха горожан, служат местами психологической и эмоциональной разгрузки, играют важную роль в создании архитектурно-художественного облика города, т.е. являются активным градоформирующим фактором. Поэтому особую актуальность приобретает изучение изменений состояния растительного покрова в городе.

Одним из основных загрязнителей почвенного и растительного покрова в городе являются крупные автотранспортные магистрали. В связи с ростом количества автомобилей и расширением полотна автодорог условия для произрастания травянистых растений в настоящий момент становятся все более экстремальными.

Больше всего загрязнений содержится в полосах, прилегающих к проезжей части дорог и улиц, в нарушенных при сооружении домов и проведении коммуникаций грунтах, особенно в местах захоронения отходов строительства, вблизи строений, куда с крыш стекают осадки, а также на пониженных участках территории.

Основные причины плохого формирования травянистой растительности вблизи домов: очень высокая кислотность почвы (pH 4,0...4,5), вызванная усиленным стоком кислых осадков с крыш; низкое содержание в почве питательных веществ, а также большая затененность участков, расположенных с северной, северо-западной и западной сторон домов.

Основные причины плохого роста травянистой растительности под деревьями: дефицит влаги в летний период; гибель трав под опавшими листьями в результате развития болезней, дефицита света и воздуха, выделения при разложении листового опада веществ, ингибирующих рост трав (фенольно-дубильных и др.); высокая кислотность почвы (pH<5,5); более позднее отрастание трав под деревьями из-за медленного прогревания почвы; сильная затененность под деревьями в летний период; дефицит питательных веществ в почве, вызванный потреблением их деревьями. Еще одна причина, ускоряющая выпадение трав под древесно-кустарниковой растительностью, – повреждение их при неосторожном и несвоевременном (запоздалом) удалении опавших листьев.

Основные причины образования свободных от живого напоченного покрова мест, прилегающих к дорогам и проезжим участкам улиц и дворов: высокая засоленность почвы из-за применения реагентов для ускорения таяния снега и льда в зимний период; грязевой нанос – грязный наилок, сбрасываемый с дорожных покрытий во время их чистки и мойки; огромная запыленность и техногенная загрязненность, в том числе выхлопными

газами,; разрушение дернины транспортом; разрушение верхнего слоя почвы струей воды при мойке дорожного полотна; дефицит влаги на склонах в летний период, а в понижениях – весенний и осенний ее избыток, вызывающий выпревание трав.

Деградация травянистой растительности в скверах, во дворах, в том числе на участках без деревьев, может быть вызвана следующими причинами:

– вытаптыванием растительности из-за отсутствия системы пешеходных дорожек и ограждений;

– разрушением автомобильным транспортом из-за отсутствия или недостатка проездов и автомобильных стоянок;

– разрушением травяных покрытий из-за образования спонтанных площадок для игр и мест досуга, т.е. отсутствие целевых спортивных площадок и мест для досуга и отдыха, оборудованных столиками, скамейками, песочницами, ограждениями;

– повреждением травянистого покрова (особенно в первый год жизни и весной) собаками из-за отсутствия специальных выгульных площадок и маршрутов, а также из-за недисциплинированности хозяев животных;

– загрязнением растительности бытовыми, строительными и другими отходами, под которыми гибнут травы (иногда это связано с несовершенством конструкции мусоросборных площадок);

– ухудшением поступлением влаги из-за наличия подземных коммуникаций, усиление бокового ее стока, а после дождей – перенасыщением водой верхнего слоя почвы, в результате чего увеличиваются колебания водно-воздушного режима; кроме того, часто подземные коммуникации усиливают дренаж влаги, создавая ее дефицит в одном месте, а избыток в другом;

– воздействием на травы дефицита или избытка влаги, вызванного погодными ритмами; этот фактор важен, но он сказывается только в отдельные периоды, так как при отсутствии сильного техногенно-антропогенного отрицательного воздействия травостои, обладая высокой пластичностью и саморегуляцией, довольно быстро восстанавливаются.

Сегодня невозможно остановить процессы антропогенной трансформации растительного покрова, поэтому основой задачей была необходимость совершенствования ассортимента состава травяных покрытий. Целью настоящей работы являлся анализ ассортимента перспективных видов растений для создания травяных покрытий в полосах, прилегающих к проезжей части дорог, и оценка перспективы их использования. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие вопросы.

Выявить ассортимент видов травянистых растений устойчивых к антропогенным факторам.

Оценить их декоративные показатели.

Разработать шкалу оценки перспективности использования изучаемых видов на объектах озеленения.

Методика исследования по выявлению перспективного ассортимента травянистых растений для использования в полосах, прилегающих к проезжей части дорог, включала несколько основных этапов работ. Первый этап – выбор объектов обследования. Было проведено обследование существующего травянистого покрова в полосах, прилегающих к проезжей части дорог в г. Москва, расположенных в различных частях города. Предварительное обследование включало визуальную оценку объектов, определение видового состава растений в травяном покрове. При выборе площадок обследования травяного покрова в городе в целом соблюдались следующие условия:

– один тип озелененной территории;

– одинаковый характер и степень воздействия лимитирующих факторов;

Оценка состояния травянистого покрова проводилась визуально, по степени сомкнутого травостоя. Глядя сверху вниз на травостой, можно определить проективное покрытие почвы травостоем, которое выражают в процентах (табл. 1).

В результате анализа растительного покрова в полосах, прилегающих к проезжей части дорог и улиц, было выявлено, что растительность отсутствует или очень изрежена; доминируют сорные виды растений, выделя-

Таблица 1

Шкала для оценки общей декоративности травяного покрытия

Характер сложения (смыкаемости) травостоя (размещение побегов)	Проективное покрытие, %	Оценка, баллы
Сомкнуто-диффузное	100	5
Сомкнуто-мозаичное	70…80	4
Мозаично-групповое	50…60	3
Раздельно-групповое	< 50	2
Единично-раздельное	15…20	1

ются участки, на которых под действием загрязнений формируется растительный покров, состоящий из устойчивых к антропогенному воздействию. По отношению к плодородию почвы и увлажнению преобладают неприхотливые виды, не страдающие от недостатка влаги. В ботанический состав травяных покрытий входит разное число видов как культурных, так и дикорастущих. Обильно встречаются не только типичные газонные травы – разные виды мятликов, полевиц, но и сорняки, особенно одуванчик лекарственный.

После оценки состояния травянистого покрова в городе и факторов, влияющих на него, необходимо было выявить ассортимент видов растений, который мог бы отвечать требованиям поставленной задачи.

На первом этапе было выделено 25 видов травянистых растений, которые относятся к разным жизненным формам многолетних трав. При отборе учитывались такие показатели, как засухоустойчивость, солеустойчивость, нетребовательность к почвенным условиям, низкорослость или среднерослость. После поэтапного отбора растений для целей исследования выявлено пять образцов, включающих образцы пяти видов из пяти родов: Polygonum, Thymus, Ajuga, Prunella, Potentilla . В изучении были следующие виды: горец птичий, тимьян ползучий, живучка ползучая, черноголовка крупноцветковая, лапчатка гусиная.

Для наблюдения за развитием изучаемых видов были заложены варианты пробных площадей на территории СВАО г. Москва. Закладка площадок производилась в систематическом порядке с трехкратной повторностью. Исследования проводились с 2008г. на объекте с повышенной интенсивностью движения автотранспорта.

Для выявления перспективности использования видов трав для создания травяных покрытий была разработана шкала, куда включены основные признаки, характеризующие поведение растений в городских условиях произрастания. Оценку успешности данных видов трав проводили по 5 показателям: зимостойкость, засухоустойчивость, общая декоративность, устойчивость к повреждениям и болезням, устойчивость к засолению и загрязнению почвы.

I Зимостойкость.

1. Не вымерзающие в зимний период и не страдающие от поздневесенних и раннеосенних заморозков– 5 баллов.

2. Из травостоя выпадает до 30 % растений– 4 балла.

3. Из травостоя выпадает 40–50 % растений-3 балла.

4. К четвертому году погибает более половины– 2 балла.

5. Не зимостойкие, которые вымерзают в первую же зиму– 1 балл.

II Засухоустойчивость.

1. Хорошо возобновляются после жаркой сухой погоды – 3 балла.

2. Плохо возобновляются, сильно угнетены – 2 балла.

3. Не возобновляются– 1 балл.

III Общая декоративность, характер смыкания травостоя.

1. Сомкнуто-диффузный – 4 балла.

2. Сомкнуто-мозаичный – 3 балла.

3. Мозаично-групповой – 2 балла.

4. Раздельно-групповой – 1 балл.

IV Устойчивость к повреждениям и болезням.

1. Отсутствуют вредители и болезни– 2 балла.

2. Растения поражены незначительно– 1 балл.

V Устойчивость к засолению и загрязнению почвы.

1. Устойчивые к засолению и загрязнению – 3 балла.

2. Слабоустойчивые – 2 балла.

3. Не устойчивые к засолению – 1 балл.

Согласно разработанной шкале данные по оценке успешности использования трав представлены в табл. 2. Предлагаемая шкала составлена на основе непосредственного изучения каждого образца растений.

Зимостойкость. Зимостойкость является важным биологическим признаком, который определяет возможность успешного многолетнего использования того или иного вида. Часто серьезным препятствием для использования растений являются неблагоприятные климатические условия, в частности осенне-зимне-весенние условия, которые могут вызывать их гибель или повреждение. На растение зимой действует целый ряд неблагоприятных факторов, таких как ледяная корка, выпирание, выпревание, вымокание и другие, которые в комплексе и в отдельности могут привести к гибели растений.

Зимостойкость трав определялась на пробных площадках путем ежегодной оценки устойчивости их к условиям перезимовки. Ежегодно весной через 12–15 дней после начала отрастания проводилась глазомерная оценка состояния растений после осенне-зимнего периода. Несколько лет полевых наблюдений (2008–2011гг.) за различными видами растений позволили нам разделить их по степени зимостойкости в наших условиях на пять групп.

К первой группе относят растения, набравшие 5 баллов. Растения данной группы при перезимовке сохраняются почти все. При глазомерной оценке изреживания незаметны, пустующие места отсутствуют. Развивают травостой хорошего качества. Сюда относятся горец птичий, тимьян обыкновенный, лапчатка гусиная.

Вторая группа представлена среднезимостойкими растениями, получающими 4 балла. Из травостоя выпадает до 30 % растений. К этой группе относится живучка ползучая, черноголовка крупноцветковая.

Третья группа – растения, набравшие 3 балла. На делянке сохраняется 50–60 % растений, которые образуют изреженный травостой.

Растения, отнесенные к четвертой группе, набравшие 2 балла. На делянке после перезимовки сохраняется меньше половины. К этой группе относится черноголовка крупноцветковая. Растения перезимовали на 40 %. Растения выглядели угнетенными, значительно отставали в развитии и росте, их состояние характеризовалось как неудовлетворительное.

Пятая группа– незимостойкие – 1 балл. На делянке сохраняется незначительная часть растений. Они вымерзают в первую же зиму.

Засухоустойчивость Первая группа – хорошо возобновляются после жары – 3балла. Вторая группа – трудно, плохо возобновляются, сильно угнетены – 2 балла. Третья группа – не возобновляются – 1балл.

Общая декоративность. В первую группу, набравшую 4 балла, вошли горец птичий, тимьян обыкновенный, лапчатка гусиная, живучка ползучая. Все эти образцы характеризовались ранним отрастанием весной и поздним завершением вегетации, сомкнуто-диффузным проективным покрытием.

Во вторую группу (3 балла) вошла черноголовка крупноцветковая. Эти образцы характеризовались интенсивной окраской листьев, сомкнуто-мозаичным характером сложения травостоя.

Для третьей группы характерно мозаично-групповое смыкание травостоя– 2 балла.

Четвертая группа (1 балл) – характер смыкания травостоя раздельно-групповой.

Устойчивость к болезням и вредителям. В первой группе (2 балла) находятся растения, у которых не замечено повреждения вредителями и болезнями, что является показателем хорошего состояния растений. Сюда относятся горец птичий, тимьян обыкновенный, лапчатка гусиная, живучка ползучая, черноголовка крупноцветковая.

Рис. 1. Участок магистрали до посадки исследуемых видов

Рис. 2. Участок пробной площадки с применением лапчатки гусиной

Рис. 3. Участок пробной площадки с применением горца птичьего

Таблица 2

Оценка успешности использования исследуемых видов

Вид	Зимостойкость	Общая декоративность	Устойчивость к засолению и загрязнению почвы	Засухоустойчивость	Устойчивость к вредителям и болезням	Интегральный показа тель
Горец птичий	5	4	3	3	2	17
Тимьян обыкновенный	5	4	2	1	2	14
Живучка ползучая	4	4	1	2	2	13
Черноголов-ка крупно-цветковая	2	3	1	1	2	9
Лапчатка гусиная	5	4	3	3	2	17

Во вторую группу (1 балл) – растения, незначительно поражающиеся вредителями и болезнями.

Устойчивость к засолению и загрязнению почвы.

К первой группе (3 балла) относятся растения, устойчивые к загрязнению и засолению почвы.

Во вторую группу (2 балла) входят растения, слабо устойчивые к данному фактору.

Третья группа– не устойчивые к засолению и загрязнению почвы– 1 балл.

Таким образом, в результате исследований каждый образец набрал определенное количество баллов. Сумма набранных баллов составила интегральный показатель успешности использования опытных трав для задернения. На основании данного показателя изучаемые образцы разделены на три группы: 1) перспективные (17–15 баллов), 2) малоперспективные (14–11 баллов), 3) неперспективные (10 баллов и ниже) для выращивания в качестве трав задернения придорожных территорий (табл. 2).

Таким образом, можно сделать выводы: перспективными видами являются горец птичий, лапчатка гусиная. Малоперспективные – тимьян обыкновенный, живучка ползучая. Неперспективные – образцы черноголовки.

В результате проведенных исследований можно сделать выводы о возможности использования горца птичьего и лапчатки гусиной на улицах и магистралях г. Москвы, так как данные виды являются адаптированными к экстремальным условиям города. Эти растения очень хорошо выносят вытаптывание, образуют плотные, красивые, устойчивые к дефициту влаги и не требующие частого скашивания и подкормок зеленые покрытия.

Применение растений природной флоры для улучшения экологической обстановки в городах и населенных пунктах является одним из путей рационального использования природных ресурсов. Видимо, в условиях России следует отказаться от такого понятия, как «сорняки на городской территории»; важнее не допустить оголенности территории или ее забурьяненности. Тем не менее, всегда нужно стремиться создавать травяные покровы высокого качества.

Библиографический список

1. Переверзев, В.Н. Состояние почвенно-растительного покрова городских парковых территорий в условиях интенсивного антропогенного воздействия / В.Н. Переверзев, Е.А. Кошаров // Проблемы озеленения городов: материалы общегородской конференции. – М., 2004. – Вып. 10. 202 с.
2. Тюльдюков, В.А. Газоноведение и озеленение населенных территорий / В.А. Тюльдюков. – М.: Колос, 2002. – 264 с.
3. Экологические аспекты применения ПГМ в Москве в 1993–2005 гг. Аналитический доклад по данным мониторинга 2005г. / Под ред. Х.Г. Якубова. – М.: Прима-Пресс, 2005. – 200 с.
4. Влияние автотранспорта и ПГМ на зеленые насаждения. Аналитический доклад по данным мониторинга 2005г. / Под ред. Х.Г. Якубова. – М.: Прима-Пресс, 2005. – 200 с.

ЛЕСОВОД, ГЕНЕТИК И НЕУТОМИМЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЕВРОПЕЙСКИХ ЛЕСОВ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ (к 75-летию со дня рождения профессора Адольфа Фридериковича Корчыка)

В.В. КОРОВИН, *проф. каф. селекции, генетики и дендрологии МГУЛ, д-р биол. наук,*
М.Д. МЕРЗЛЕНКО, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,*
Н.Д. ЧЕРКАС, *специалист по природоохранным вопросам ОО «АПБ», канд. биол. наук,*
А.В. СУДНИК, *зав. сектором мониторинга растительного мира ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, канд. биол. наук*

vladimir.v.korovin@gmail.com; melnik_petr@bk.ru; cherkas@tut.by; asudnik@tut.by

Адольф Фридерикович Корчык родился 4 января 1937 г. на территории Германии в населенном пункте Клэйн-Лунов. В 1957 г. окончил 2-летние курсы учителей, повышал образование на Факультете биологии и наук о Земле Ягеллонского университета в Кракове, получив в 1962 году степень магистра биологии.

В 1962–1967 гг. работал в должности научно-технического ассистента в Лаборатории изменчивости растений Института ботаники Польской академии наук (ПАН) в Кракове под руководством профессора Янины Ентыс-Шаферовой. Принимал активное участие в исследованиях изменчивости лесных деревьев и кустарников биометрическими методами.

В 1967 г. перешел в Лабораторию горного лесопользования НИИ лесного хозяйства в Кракове на должность ассистента. Исключительно плодотворной оказалась работа Адольфа Фридериковича в этом НИИ. При работе над кандидатской диссертацией, посвященной изучению «поведения» липы в Польше, ярко проявились его незаурядные способности, талант исследователя. Он успешно защитил диссертацию в 1971 г. на

Профессор Адольф Корчык

Профессор Адольф Корчык в Карпатском заповеднике

тему: «Морфологическая изменчивость липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos* Scop.) в лесорастительных зонах Польши», получив научную степень кандидата лесных наук.

В 1972 г. по служебной необходимости переходит на работу в Лабораторию семеноводства и селекции НИИ лесного хозяйства в Сэкоцине-Лесе, а в 1983 г. в Лабораторию охраны природы (в настоящее время Лаборатория природных лесов) в Беловеже, на должность руководителя Отдела генетики лесных деревьев (с 1994 г. – Отдел генетических ресурсов лесных деревьев). Творческий подход к познанию закономерностей, касающихся генетической ценности естественных популяций хвойных насаждений, сыграл ключевую роль в дальнейшей судьбе Адольфа Фридериковича как ученого, предопределили основной фарватер его последующих исследований. Обобщив результаты своих 25-летних исследований, Адольф Корчык подготовил докторскую диссертацию по теме: «Качество выращивания сосновых насаждений, хозяйственная и генетическая ценность отбора и сравнения деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) восьми польских происхождений», за которую Ученый совет НИИ лесного хозяйства в Варшаве в декабре 2002 г. присвоил ему степень доктора наук. С 1 июля 2003 г. Приказом Министра окружающей среды назначен на должность доцента. В Лаборатории природных лесов А. Корчык работает до 2007 г. В декабре 2007 г. выходит на пенсию, посвятив 40 лет научным исследованиям лесохозяйственных проблем.

Как специалист в области лесоводства и селекции лесных деревьев, а также выделения семенных участков и плюсовых деревьев, с 1975 г. состоит членом Национальной комиссии по испытанию семенных насаждений местных экотипов и плюсовых деревьев в Государственных лесах Польши. Как ученый занимается методическими вопросами создания архивов клонов для сохранения генофонда старовозрастных деревьев, а также исследованиями демографической и генетической структуры естественных популяций сосны обыкновенной и ели европейской в Беловежской Пуще. Знакомство с огромным генетическим богатством и биологическим разнообразием Пущи становится предпосылкой для разработки новаторских концепций создания региональных генных банков семян. Благодаря его инициативе, в 1993 г. впервые в программе отбора лесных деревьев в Государственных лесах Польши, были официально изложены программа и задачи, касающиеся сохранения лесных генетических ресурсов. За участие в разработке «Программы сохранения лесных генетических ресурсов и отбора плюсовых лесных деревьев в Польше в 1991–2010 гг.» получил в 1994 г. коллективную премию I степени Министра охраны окружающей среды, природных ресурсов и лесного хозяйства. Постоянно сотрудничает с Лабораторией генетики Познаньского университета имени Адама Мицкевича и Лабораторией молекулярной генетики, лесной селекции и семеноводства Института леса Национальной академии наук Беларуси в г. Гомеле.

С 1991 г. сотрудничает с Национальным парком «Беловежская Пуща», проводит исследования по разработке генетических способов сохранения деревьев в белорусской части Беловежской Пущи. С 1994 г. Адольф Корчык начинает активное сотрудничество с лесоводами Московского государственного университета леса, предоставляет семена беловежских экотипов ели для изучения географической изменчивости рода *Picea* в условиях Подмосковья. В 1997 г., по приглашению руководства Московского государственного университета леса, принимает активное участие и выступает с докладами на научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава университета. В этот визит ему удалось побывать в национальном парке «Лосиный Остров»; знакомству с лесными экосистемами этого уникального лесного массива он посвящает весь день, пройдя пешком около 25 километров. Благодаря ему весной 1997 г. сеянцы беловежских экотипов ели, наряду с другими были высажены в квартале 55 Верхне-Клязьминского лесничества Солнечногорского опытного лесхоза

Московской области на объекте географических культур, посадка была приурочена к 200-летию Лесного департамента России.

В 2001 г. Адольф Корчык как член программного комитета принимает активное участие в международной конференции молодых ученых «Леса Евразии в третьем тысячелетии», которая состоялась в г. Мытищи Московской области на базе Московского государственного университета леса. Тогда в конференции «Леса Евразии» приняли участие 268 ученых из 8 стран представляющих 85 организаций, включая лесохозяйственные предприятия, вузы, НИИ, средние образовательные учреждения, производственные фирмы. Помимо пленарных и секционных заседаний в рамках конференции «Леса Евразии» участники конференции осмотрели городские леса Москвы, леса западного, северного и восточного Подмосковья в различных лесорастительных зонах, древостои с комплексным уходом и различными рубками, лесокультурные объекты заложенные К.Ф. Тюрмером, Г.А. Сычевым, А.М. Пальцевым, М.Д. Мерзленко и др.

С этого момента профессор Корчык становится главным идеологом и постоянным членом программного комитета Международной конференции «Леса Евразии», проведение которой ежегодно стало традицией. По его инициативе, а также активной поддержке белорусских коллег В.В. Семакова, А.В. Денгубенко и Н.Д. Черкаса конференция получает новый импульс и начинает шествие по Европе и Азии. В 2002 г., будучи председателем организационного комитета, он занимается организацией работы II Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии в XXI веке: Восток-Запад», посвященной профессору И.К. Пачоскому, которая состоялась в знаменитой Беловежской Пуще. Участники конференции, представляющие 10 стран, смогли побывать в Национальном парком «Беловежская Пуща» (Беларусь) и Беловежском национальном парке (Польша), ключевым моментом конференции стал переход государственной границы, разделяющей этот последний остаток первобытных лесов Европы на две части. За все время существования Беловежской Пущи это была единственная и уникальная конференция, основанная на дружбе, согласии и взаимном доверии между лесоводами Востока и Запада. Главная задача этого молодежного форума была достигнута: дважды переходя контрольно-следовую полосу государственной границы, участники конференции убедились, что лес не имеет границ, а лесоводы своими помыслами стоят недостижимо выше мировой политической коньюктуры; их созидательный труд вносит положительную лепту в лесное дело, пропаганду охраны природы и воспитание лучших человеческих качеств в людях.

С 1991 по 2002 г. А. Корчык является членом Ученого совета Беловежского национального парка; с 2000 г. – член Совета Научно-общественного производственного лесного комплекса «Леса Беловежской Пущи»; с декабря 2002 г. – член Ученого совета Национального парка «Беловежская Пуща» (Беларусь); с июня 2003 г. – член Ученого совета Научно-исследовательского института лесного хозяйства. С 1996 г. профессор Корчык постоянный представитель от Польши в европейской рабочей группе «EUFORGEN Noble Hardwoods Network». Кроме того, является членом Польского лесного общества и Польского ботанического общества.

Параллельно с исследовательской работой, Адольф Корчык осуществляет широкую образовательно-педагогическую деятельность, популяризирует результаты своих исследований на лекциях, в процессе обучения школьников, студентов, а также на курсах Администрации государственных лесов. С 2002 г. в должности адъюнкта в Белостокском политехническом университете проводит занятия по предмету «Многофункциональное лесопользование и охрана лесов» на факультете управления лесными ресурсами в городе Гайновке. В 2008 г. на факультете управления лесными ресурсами Адольф Корчык был назначен на должность экстраординарного профессора Белостокского политехнического университета и в настоящее время проводит занятия по лесоводству, семеноводству и лесной селекции. Научное достояние Адольфа Корчыка охватывает 90 оригинальных печат-

ных научных работ, 13 научно-популярных публикаций, а также 28 научных документов.

В лице Адольфа Фридериковича Корчыка мы приветствуем крупного, разностороннего ученого, доктора биологических наук, профессора, принципиального, справедливого и требовательного руководителя, доброжелательного, чуткого и отзывчивого человека! В день Вашего праздника, Адольф Фридерикович, примите наши искренние слова уважения и признательности Вам и Вашему труду на благо лесной науки. Желаем Вам здоровья, душевного спокойствия, долгих лет жизни, того же неиссякаемого жизнелюбия, которое так для Вас характерно, а также неиссякаемого оптимизма для дальнейшей плодотворной работы на избранном Вами непростом пути ученого и организатора науки!

ВЫДАЮЩИЙСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРОПЫ
(к 65-летию со дня рождения профессора Ладислава Пауле)

И.В. ДЕЛЕГАН, *доц. каф. лесоводства НЛТУ Украины, канд. с.-х. наук,*
П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук*

melnik_petr@bk.ru; ivan.delegan@gmail.com

Ученый с мировым именем, почетный член Лесной академии наук Украины, член Словацкой академии наук, профессор технического университета во Зволене (Словакия), Ладислав Пауле создал принципиально новую, экспериментальную школу генетики лесных древесных пород, основал и издает международный научный журнал «Лесная генетика» (Forest Genetics), в котором публикуются труды известных ученых из всех стран мира, в том числе и России; он постоянно способствует повышению имиджа лесной науки и образования на международном уровне, является одним из инициаторов углубления сотрудничества с Московским государственным университетом леса, включения в состав IUFRO российских научно-исследовательских коллективов и лесных учебных заведений, присуждения наград IUFRO ученым-лесоводам из стран СНГ, проведения международных форумов с участием ведущих ученых России, а также организации обмена опытом путем зарубежных стажировок в Зволенском техническом университете.

Доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой фитологии лесохозяйственного факультета Зволенского технического университета, Ладислав Пауле родился 13 января 1947 г. в живописном селе Доляны, которое затерялось среди лесных массивов Словацких Малых Карпат. Его отец Антон был лесником, а мама Маргарита – домохозяйкой.

С детства Ладислав любил наблюдать за цветущими травами, деревьями, а также за косулями и оленями, которые зимним утром навещали кормушки и солонцы, устроенные отцом на опушке. Помогая отцу в лесных делах, без устали маленький Лацо сыпал постоянные «почему?» – Почему деревья растут по-разному? Почему листики у бука неодинаковы? Почему рога у оленей не такие, как у муфлона? К тому же, как признается и сам Ладислав, его еще с детства завораживала удивительная изменчивость форм яблок, груш, слив, черешен и других фруктов, которых было много в отцовском саду. Далеко не всегда ответы взрослых удовлетворяли любопытного юношу. Еще со школьной скамьи он научился искать объяснения загадочных явлений в книгах и журналах. С большой охотой читал лесоводственные и охотничьи периодические издания, которые находил в большой семейной библиотеке. Так, благодаря деду и отцу Ладислав влюбился в природу, увлекся охотой и приучился к повседневному труду в лесу.

Семейные традиции и детство, которое прошло на лоне природы, в лесной сторожке, и определили дальнейшую судьбу Ладислава.

Профессор Ладислав Пауле

Сперва он окончил среднюю лесную школу в Липтовском Градке (1960–1964), а потом лесохозяйственный факультет Зволенского лесотехнического института (1964–1969). Несмотря на своеобразные порядки в бывшей Чехословацкой социалистической республике, Ладиславу повезло побывать на преддипломной практике в Королевском лесном университете в Стокгольме. На студенческие годы приходится и первый визит Ладислава Пауле в СССР. Случилось это в бурном августе 1968 г., когда много студенческой молодежи было временно вывезено из бывшей Чехословакии в соседние социалистические страны. Тогда Ладислав вместе со сверстниками попал во Львовский политехнический институт.

Любопытство, работоспособность, упорство, склонность к научной деятельности, а также нетрадиционная для того времени тема дипломной работы – «Географическая изменчивость сосны обыкновенной», в значительной мере определили дальнейшую судьбу молодого специалиста. Его рекомендуют на работу в институт дендробиологии Словацкой академии наук. Однако из-за отсутствия вакансий Ладислав начинает трудовую деятельность на кафедре лесоводства, у известного профессора П. Безачинского, уроженца г. Самбор на Львовщине. Сперва Ладислав Пауле работал научным сотрудником, а через год – на конкурсной основе был избран на должность ассистента кафедры. Читая лекции и проводя практические занятия по лесоводству, не забывает и своего увлечения генетикой и селекцией деревесных пород. Более того, Ладислава Пауле так никогда и не покидало детское желание глубже познать мир. В процессе последипломной подготовки в Брненском университете (1973–1975) основательно изучил биометрию, в Братиславском (1981–1983) овладел курсом психологи и педагогики, а позже, в 1982–1984 гг., еще

окончил и курсы экспертов развивающихся стран. Одновременно, благодаря свободному владению десятком иностранных языков, интенсивно изучал зарубежный опыт. В 1983 г. прошел четырехмесячную, а в 1996 г. шестимесячную стажировку в отделении генетики и физиологии растений Шведского сельскохозяйственного университета (г. Умеа), в 1991 г. – двухмесячную стажировку на кафедре генетики лесных древесных пород в университете г. Геттинген (Германия), а в 1992 г. – шестимесячную стажировку на кафедре лесоводства в университете г. Цюрих (Швейцария). В процессе стажировок, наряду с научно-исследовательской работой в лабораториях, он читает лекции для студентов и докторантов вышеназванных учебных заведений. В 1988 г. Л. Пауле в составе делегации Зволенского лесотехнического института побывал в Московском лесотехническом институте, где усовершенствовал программы совместных научных исследований и стажировок молодых ученых.

В 1977 г. сбылась мечта молодого ученого и педагога, он получил возможность преподавать курс лесной селекции и генетики. Несмотря на то, что эта учебная дисциплина не была обязательной для всех, студенты потянулись к молодому энергичному ученому, который сформировал научный кружок и дополнительные семинары, вел дипломное проектирование, а также читал специальные курсы биотехнологии и лесовосстановления. Его дипломниками и докторантами становятся не только выходцы из Словакии и Чехии, но и Вьетнама, Кореи, Ирана и других стран мира. Среди аспирантов и докторантов в дальнейшем появились первые последователи Л. Пауле, к которым принадлежат нынешние доктора наук – вьетнамец Нхонг Ванг Донг (1985) и соотечественники – Душан Гемери (1988), Роман Лонгавер (1997) и другие. Также в числе его учеников известные ученые с мировым именем, руководители и деятели международных организаций – руководитель EUFORGEN, несколько позже – IPGRI, в настоящее время CGIAR для Средней Азии с офисом в Ташкенте, Езеф Турок, отец которого родом с Волыни.

В 1987 г. Ладислав Пауле был избран доцентом, а в 1991 г. – профессором кафедры лесоводства. Кандидатскую диссертацию на тему «Структура смешанных елово-буковых насаждений» он защитил в 1980 г.

Благодаря авторитету, большой эрудиции и широкому сотрудничеству с учеными разных стран мира, Ладислав Пауле в 1990 г. был избран на должность проректора по международным отношениям, а с 1996 г. становится заведующим кафедрой фитологии Зволенского технического университета. В настоящее время он преподает лесную генетику и селекцию, генетику высших животных, прикладную биотехнологию в лесном хозяйстве, основы сохранения биоразнообразия.

Среди многочисленных учителей и научных руководителей Л. Пауле, кроме профессора Безачинского, с особой теплотой вспоминает всемирно известного исследователя пралесов профессора Ш. Корпеля, доцента Е. Червенку, под руководством которых он в период с 1972 по 1980 гг. выполнил ряд научно-исследовательских проектов по проблемам лесоводства и географической изменчивости лесных древесных пород.

В 1983–1987 гг. Ладислав Пауле освоил новое направление науки – изучение изоферментов основных лесообразующих пород Центральной Европы. На кафедре лесоводства он создал уникальную лабораторию биохимической генетики лесных древесных пород и развернул исследования генетической изменчивости древесных пород с помощью изоферментных анализов.

Ладислав Пауле создал новую научную школу в лесной генетике и селекции, разработал теоретические основы генетики и селекции лесных древесных пород. В его копилке также уникальные результаты исследований генетической структуры популяций основных лесообразующих пород Центральной и Восточной Европы, изучение генетического разнообразия и дифференциации, морфологической и физиологической изменчивости и особенностей размножения лесных пород.

Л. Пауле находит новые, нетрадиционные пути для развития сложных научных проблем. Наряду с изучением генетики по-

пуляций лесных древесных пород заложил оригинальные исследования генетической структуры и дифференциации охотничьих и других диких животных. В частности, интенсивно работает по международным проектам по изучению генетической изменчивости популяции серны, благородного оленя, медведя, рыси, кабана, сурков и некоторых других видов диких животных, распространенных в карпатском Еврорегионе. Сегодня сфера научных интересов Ладислава Пауле охватывает всю Карпатскую дугу, Балканский полуостров и простирается далеко за границы Словакии.

Расширение тематики исследований и продвижение науки подтолкнули професора Л. Пауле к созданию новой лаборатории для анализа ДНК. Несмотря на недостаточное финансирование высшей школы и науки в Словакии, ему удалось построить лабораторию мирового уровня, общую стоимость которой можно сравнить с годовым бюджетом всего факультета.

Особое место в биографии Л. Пауле занимает робота на руководящих должностях в международных организациях, в частности IUFRO, где он с 1981 г. был заместителем, а с 1986 г. председателем рабочей группы по изучению географической изменчивости ели. В 1991 г. он избирается председателем рабочей группы по лесной генетике, в 1996 г. заместителем координатора, а в 2001–2005 гг. работал координатором Дивизии 2 – Генетика. Одновременно был членом исполнительного комитета и Международного бюро вышеназванной организации. В IUFRO, сперва представлял интересы бывшей Чехословакии, а с 1993 г. – Словакии. В целом 30 лет работы в IUFRO были особенно сложными вследствие многочисленных командировок, зато продуктивными в организации международного сотрудничества лесоводов и ученых всего мира. Кроме того, в период с 1995 г. по 2005 г. Л. Пауле представлял Словакию по международной программе EUFORGEN, возглавляя рабочую группу по изучению лиственных деревесных пород Европы. Профессор Пауле лично принимал участие в организации и проведении более десяти международных и пяти мировых конгрессов IUFRO, участник празднования 100-летия этой организации.

Значительное внимание уделяет Л. Пауле издательской деятельности. В 1994 г. он, без привлечения государственных средств и крупных издательств, основал международный журнал «Лесная генетика» (Forest Genetics), в котором освящаются новейшие достижения в отрасли лесной генетики и селекции лесных деревесных пород. Издание стало своеобразным мостом между востоком и западом. Следует отметить, что ученые из восточноевропейских стран недостаточно используют предоставленные возможности для публикации трудов. Например, среди более 350 работ, опубликованных в 12 номерах журнала, из Украины было всего 3, а из России – 4. Правда, начиная с 13 номера журнала количество статей российских ученых значительно увеличилось. В целом, издание журнала существенно способствует росту популярности, имиджу и международному авторитету кафедры, лесному факультету, Зволенскому техническому университету и словацкой лесной науке в целом. Ладислав Пауле является членом редколлегии 8 научных журналов, выходящих в разных странах мира, в том числе периодического издания Российской академии наук «Генетика», включая его англоязычную версию – Russian Journal of Genetics.

Среди всех ценностей, которые на жизненном пути исповедует профессор Л. Пауле, ведущее место занимает международное сотрудничество. На очередном этапе научно-исследовательской деятельности в направлении географической изменчивости бука он длительное время плодотворно сотрудничал с ведущими немецкими специалистами, профессорами Клайншмидтом и Мусом, позже – с французскими учеными Компсом и Тиебаутом. С профессором С.М. Стойко и другими украинскими учеными Ладислав Пауле поддерживает контакты более четверти века. Среди коллег и последователей Л. Пауле есть российские, китайские, американские и японские специалисты. Можно уверенно сказать, что скромный словацкий профессор, благодаря невероятной работоспособнос-

ти, получил международное признание, так как сегодня тяжело найти в мире научно-исследовательскую организацию или учебное заведение лесного профиля, где бы не знали про результаты научно-педагогической деятельности профессора Л. Пауле. Среди многочисленных международных проектов – USDA Forest Service «Современное состояние лесов Карпатской дуги»; также проекты Евросоюза – FRAXIGEN «Ясень для будущего: изучение состояния европейских популяций ясеня, их сбережения и восстановления»; FOSSILVA «Динамика биоразнообразия древесных пород: связь между генетическим, палеогенетическим и историческим прошлым»; EUFORGEN «Эволюция деревьев как фактор наземного биологического разнообразия»; TREEBREEDEX «Рабочая сеть по улучшению состояния деревьев для ведения конкурентноспособного, многоцелевого и устойчивого лесного хозяйства в Европе»; COST E52 «Оценка генетических ресурсов бука для ведения устойчивого лесного хазяйства», «Генетическая изменчивость и дифференциация благородного оленя, бурого медведя, рыси и др.». Особым направленим в исследованиях Ладислава и его сына Юрия являются проекты по экспериментальному применению генетических маркеров в судебной практике борьбы с браконьерством.

Профессор Пауле – естествоиспытатель широкого профиля. В копилке выдающегося ученого более 400 публикаций, в том числе 8 профильных научных и 9 книг другой тематики (фотоальманахи, альбомы и др.), 11 учебников и учебных пособий, 47 оригинальных научных статей в известных международных журналах и 41 оригинальная статья в национальных специализированных изданиях, в научных сборниках зарубежных стран – 47 статей, в отечественных – 44 статьи, к тому же 40 научно-популярных трудов. Его научные труды часто цитируют в изданиях многих стран мира, подтверждением чему служат более чем 600 ссылок в Science Citation Index.

Ладислав Пауле заслуженно пользуется авторитетом среди студентов и ученых многих стран мира. Все, кто работает с ним или знает научные, педагогические, научно-организационные дела, отмечают такие черты характера юбиляра: научная добросовестность, работоспособность, скромность, сдержанность, толерантность, рассудительность и реалистичность, способность на компромисс. Именно эти черты характеризуют и закономерно обеспечивают признание и авторитет в Словакии и далеко за ее пределами.

Ученые Словакии и других европейских стран в 2012 г. отметят выдающуюся дату в развитии лесной науки – 65-летие со дня рождения доктора наук, професора Л. Пауле. К ним на полном основании присоединяются ученые России и Украины и желают ему долгих лет жизни, земного счастья, семейного благополучия, крепкого здоровья, новых творческих и научных успехов на ниве образования и лесной науки.

НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ЧЕРНЯВСКИЙ – УЧЕНЫЙ-ЛЕСОВОД
(к 60-летию со дня рождения)

И.В. ДЕЛЕГАН, *доц. каф. лесоводства НЛТУ Украины, канд. с.-х. наук,*
П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук*

melnik_petr@bk.ru, ivan.delegan@gmail.com

Николай Васильевич Чернявский родился 3 января 1952 г. в живописном гуцульском селе Брустуры Косовского района Ивано-Франковской области. В 1973 г. заканчивает Львовский лесотехнический институт (в настоящее время – Национальный лесотехнический университет Украины) и получает квалификацию инженера лесного хозяйства. В 1977 г. в Харьковском сельскохозяйственном институте им. В.В. Докучаева успешно защищает диссертационную работу «Оптимальний состав насаждений влажной

буково-пихтовой сурамени Украинских Карпат» на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Ученое звание – старший научный сотрудник присвоено в 1986 г. в УкрНИИЛХА, а в 2002 г. Николай Васильевич получает звание доцента по кафедре экологии и ландшафтной архитектуры Львовского лесотехнического института.

Трудовую деятельность Н.В. Чернявский начал инженером Карпатского филиала УкрНИИЛХА. В этом институте с 1973 по 1989 г. работал младшим и старшим научным сотрудником лаборатории экологии, заведующим лабораторией лесоводства и гидрологии леса. С 1989 г. продолжил работу во Львовском лесотехническом институте, где преподаёт и сегодня.

Преподавательскую работу проводит по направлению подготовки «Лесное и садово-парковое хозяйство» по специальностям – «Лесное хозяйство», «Садово-парковое хозяйство», а также «Экология», «Экономика природопользования». Читает различные учебные дисциплины: «Метеорология и климатология», «Заповедное дело», «Экологическая стандартизация и сертификация», «Менеджмент природоохранных территорий». Научно-педагогический стаж юбиляра более 35 лет.

Основные направления научных исследований охватывают лесоведение, лесоводство, экологию, природоохранное и заповедное дело. Чернявский провел фундаментальные исследования на 60-ти стационарах с полным картированием размещения древесной и кустарниковой растительности в насаждениях Карпат и лесостепи. Он является приемником и продолжателем лучших традиций лесной науки Украины, в 1979–2010 гг. продолжил исследования на 16 стационарах, заложенных профессорами А.Б. Жуковым, П.С. Погребняком, П.Ф. Фальковским, П.П. Изюмским, А.П. Богомоловым, В.А. Игнатенко в насаждениях Красно-Тростенецкой лесной опытной станции. На сериях пробных площадей по рубкам ухода (3 секции с разным режимом и контроль) в свежей ясенево-липовой дубраве с разными схемами смешения и размещения деревьев экспериментальным путем установлены закономерности динамики насаждений, оптимальный состав древостоев, схемы смешения и размещения древесных пород.

В 80-х гг. XX в. Николай Васильевич заложил серию стационаров по рубкам ухода в буково-дубовых, грабово-дубовых лесах Подолья по схеме: три степени разреживания, + вариант дерева будущего (впервые в Украине) + контроль. Две серии – в природном заповеднике «Медоборы», две серии – в Чертковском лесхозе на Подолье.

На основе фундаментальных исследований, выполненных на стационарах, Н.В. Чернявский разработал оригинальный подход к оптимизации структуры и состава насаждений в динамике буково-пихтово-еловых, кедрово-еловых, липово-ясенево-дубовых, грабово-дубовых лесов Карпат и лесостепи. Этот подход получил высокую оценку лесоводов-практиков, широкую поддержку и признание ученых и послужил основой дальнейшего развития лесоводственной науки в Украине.

Николай Васильевич разработал систему ведения лесного хозяйства в дубравах Украины, что нашло отражение в многочисленных публикациях и нормативных актах СССР, таких как «Основные положения по ведению хозяйства в дубравах» (М.: Гослесхоз, 1987), «Лесовосстановление в дубравах УССР» (М.: Гослесхоз-ВДНХ, 1984), «Программы формирования оптимальных древостоев / Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии» (К.: Урожай, 1987). Совместно с российскими учеными на основе популяционных исследований разработаны «Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР» (М.: ВАСХНИЛ, 1989).

Н.В. Чернявский разработал основы определения экологического потенциала типов лесорастительных условий, которые служат основой дальнейших исследований Института экологии Карпат. В период с 1989 по 1994 гг. под руководством Николая Васильевича разработана система мониторинга состояния почв и растительности г. Львова,

по этой теме его учеником Я.В. Геником защищена кандидатская диссертация: «Влияние тяжелых металлов на растительность и почвы урбанизированных территорий».

При сотрудничестве с профессорами А.З. Швиденко и В.А. Рожковым (Институт почвоведения РАН) Николай Васильевич разработал уникальную методику определения типов леса на основе анализа системы информационных признаков. Его идея заключается в том, что с помощью статистико-математических методов можно достоверно описать и выделить (классифицировать) типы лесов на основе информативных (наиболее значимых) признаков среды и леса. Детально эти исследования освещены в научных отчетах, публикациях и докладах на конференциях.

Значительное внимание Н.В. Чернявский уделяет изучению функционирования пралесов как наиболее сохранившихся лесных экосистем мира. Он заложил 4 стационара по изучению пралесов: буковых – в Угольке (7 одногектарных проб) и в бассейне р. Боржава (бесперерывный профиль длиной 1,6 км с полным картированием), кедрово-еловых, реликтовой сосны, буково-пихтово-еловых и елово-буково-пихтовых – в заповеднике «Горганы» – 42 пробные площади (2 типологических профиля) и кедрово-еловых в урочище «Плай» (Закарпатье) – 8 пробных площадей (с полным картированием всех растений).

В изучении экосистем пралесов Николай Васильевич является достойным преемником школы Г. Ляйбундгута и Ш. Корпеля. Он впервые в Украине установил длительность фаз и стадий развития пралесов (возобновления, молодняка, жердняка, оптимальная, выборочная, старения, распада) и их структурные характеристики, а также разработал обоснование для включения буковых пралесов Карпат во Всемирное наследие ЮНЕСКО. В 2006–2009 гг. юбиляром разработаны принципы адаптации и внедрения методологии идентификации лесов высокой природоохранной ценности для сохранения (HCVF) в Украине.

Н.В. Чернявский сделал значительный вклад в разработку принципов типологии и бонитировки охотничьих угодий. Его практические рекомендации по развитию охотничьего хозяйства при применении многофункционального, приближенного к природе ведения лесного хозяйства внедрены в производство и широко применяются лесными предприятиями Украинских Карпат. Впервые для лесов Украины юбиляр разработал «Концепцию приближенного к природе лесоводства» (соавторы – Г.Т. Криницкий, В.И. Парпан, В.Л. Коржов, М.М. Рековец, В.О. Тарасенко), он также автор внедрения кластерного анализа лесного сектора Карпатского региона Украины.

В рамках Швейцарско-Украинского проекта развития лесного хозяйства в Закарпатье FORZA, Николай Васильевич как руководитель выполнил масштабные лесоводственные исследования по проблеме рубок переформирования – совместно с производственниками заложил в Закарпатской области 126 стационаров в 38 типах леса – от низинных дубовых до высокогорных, в Ивано-Франковской области – 6 стационаров и впервые для Украины разработал специальную «Инструкцию по рубкам переформирования».

Совместно с Агентством регионального развития Закарпатья как научный руководитель проекта в 2006–2008 гг. проанализировал различные виды альтернативной энергии и возможность ее применения, разработал концепцию комплексного использования биомассы в Закарпатье. В 2010–2011 гг., в рамках проекта ЕБРР с участием Турции, Болгарии, Беларуси, Румынии как единственный эксперт от Украины дал оценку биомассы (леса, потребляемая древесина, сельское хозяйство, отходы) в стране.

Работая по проекту FLEG «Усовершенствование систем правоприменения и управления в лесном секторе в странах-участницах Европейской политики добрососедства и России" с участием России, Азербайджана, Грузии, Армении, Молдавии, Украины (2010–2011 гг.), Николай Васильевич провёл анализ законодательного регулирования в сфере неэффективных и неустойчивых методов ведения лесного хозяйства и нелегальных рубок леса, возможностей для коррупционых рисков и схем в контексте разрешительного регулирования использования лесных ресурсов.

Значительное внимание Н.В. Чернявский уделяет воспитанию молодых ученых – руководство аспирантами осуществляет с 1987 г. Под его руководством защищена кандидатская диссертация, а в настоящее время ведет подготовку аспиранта и соискателя. Его любят и уважают студенты, аспиранты и коллеги по работе. В целом за время научно-педагогической работы ученый опубликовал более 290 научных и научно-методических трудов. Ученый свободно владеет русским, немецким и польским языками. Эксперт FAO, НАТО, руководитель и координатор многих национальных и международных проектов и форумов.

Коллективы Московского государственного университета леса и Национального лесотехнического университета Украины поздравляют юбиляра и желают ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов на лесном поприще.

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ГЕОРГИЯ ИВАНОВИЧА РЕДЬКО

Н.А. БАБИЧ, *проф. каф. лесных культур и ландшафтного строительства САФУ, д-р с.-х. наук,*
М.Д. МЕРЗЛЕНКО, *проф. каф. лесных культур МГУЛ, д-р с.-х. наук,*
И.В. ЕВДОКИМОВ, *доц. каф. лесного хозяйства ВГМХА, канд. с.-х. наук,*
П.Г. МЕЛЬНИК, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук*

melnik_petr@bk.ru

В ноябре 2010 г. перестало биться сердце доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки РФ, академика РАЕН и ЛАНУ, профессора Георгия Ивановича Редько. Скончался выдающийся ученый-лесокультурник, лесовод-историк №1.

Георгий Иванович родился 25 ноября 1930 г. в поселке Благодатное Волновахского района Донецкой области в семье рабочего-шофера. Школьные годы его совпали с Великой Отечественной войной. В 1946 г. он поступает в Велико-Анадольский лесной техникум. Здесь молодой лесовод впервые соприкоснулся с духом и творчеством известного всему миру ученого Виктора Егоровича фон-Граффа. Под величием рукотворных лесов и творческого наследия В.Е. фон-Граффа и определились отношение к лесу и научные интересы будущего ученого. Судьбою предписано было Г.И. Редько написать впоследствии книгу о фон-Грффе. В 1994 г. в г. Киеве издается его труд объемом 505 страниц «Полковник корпуса лесничих».

Окончив техникум, получив специальность техника-лесовода, Г.И. Редько продолжил учебу на лесохозяйственном факультете Ленинградской ордена Ленина лесотехнической академии им. С.М. Кирова (1949 г.), которую окончил с отличием в 1954 г. Учителями его были М.Е. Ткаченко, С.И. Ванин, П.Л. Богданов, И.С. Мелехов, В.В. Огиевский, А.А. Байтин, Н.В. Третьяков, Е.А. Жемчужников, Г.Г. Самойлович и многие другие широко известные лесоводы. После окончания ЛТА, немного поработав в должности старшего лесничего Тихвинского лесхоза Ленинградской области, Георгий Иванович в 1955 г. поступает в аспирантуру Института леса АН УССР (г. Киев) и УкрНИИЛХа (г. Харьков). Научным руководителем назначают академика П.С. Погребняка. Плодотворная работа завершилась успешной защитой диссертации «Культуры тополя в лесостепи УССР» (1959) на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.

После аспирантуры Г.И. Редько с 1958 по 1971 гг. работал старшим научным сотрудником, заведующим отделом лесоводства, директором (с 1959 г.) Полесской агролесомелиоративной опытной станции УкрНИИЛХа. За время работы на станции он собрал богатый и ценный материал по биологии тополей и их разведению, который составил основу докторской диссертации, успешно защищенной в январе 1971 г. в альма-матер. После защиты Георгий Иванович принимает приглашение занять должность заведующего кафедрой лесных культур ЛТА, которую ранее возглавлял

Профессор Г.И. Редько в рабочем кабинете на фоне своих монографий

Г.И. Редько проводит экскурсию в Линдуловской роще с участниками
III Международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Белые ночи» (2003)

профессор В.В. Огиевский. На этой должности раскрылся талант Георгия Ивановича как ученого и педагога. По его инициативе стали проводиться ежегодные творческие встречи преподавателей-лесокультурников СССР.

Г.И. Редько был крупным ученым в области искусственного лесовосстановления. Он восстановил истоки создания и изучил современное состояние, показал значение для науки и практики многих замечательных лесокультурных объектов, корабельных лесов России. Учебник для вузов «Лесные культуры и защитное лесоразведение» и одноименное учебное пособие, где Георгий Иванович основной автор, выдержали по два издания.

Удивительная работоспособность и эрудиция способствовали многогранности его научных исследований. Под его руководством и с участием по результатам научно-исследовательских работ разработаны практические рекомендации по плантационному выращиванию тополей, по нормам высева при создании культур дуба в Тульских засеках, по лесной рекультивации земель, нарушенных при прокладке газо- и нефтепроводов на Таймыре, по борьбе с плодоношением тополей в г. Ленинграде.

Много сил и внимания Георгий Иванович уделял подготовке молодых ученых. Под его руководством защищено 34 кандидатские диссертации, в том числе представителями из Сирии, Египта, Вьетнама, Китая, ГДР, Судана. Восемь представителей школы профессора Редько защитили докторские диссертации.

Его перу принадлежат более 270 опубликованных печатных работ по самой разнообразной тематике. Значительную их часть составляют труды по истории лесной науки. Георгия Ивановича по праву можно считать одним из ведущих историков по лесному хозяйству и лесоводственной науке в России. Именно он открыл широкой общественности имя Петра I как первого лесовода-практика, автора более 200 указов, распоряжений, писем по приведению в известность, восстановлению, сбережению и рациональному использованию корабельных лесов России.

Издательством МГУЛ выпущено две капитальные монографии Г.И. Редько и Н.Г. Редько: «История лесного хозяйства России» (2002 г., 29 п.л.) и «Лесное хозяйство России в жизнеописании его выдающихся деятелей» (2003 г., 24,5 п.л.), по которым студенты сегодня изучают новую дисциплину «История лесного хозяйства России», введенную в некоторых вузах. И.С. Мелехов в воспоминаниях отмечал среди выпускников ЛТА 1954 г. Г.И. Редько. «Мне он (т.е. Г.И. Редько) импонирует еще и как историк лесной науки», – писал Иван Степанович.

Научную и педагогическую деятельность Г.И. Редько умело сочетал с административной и общественной работой. С 1974 по 1979 гг. он был на должности проректора по научной работе и одновременно председателем специализированного Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций, а с 1980 г. – заместителем председателя этого Совета.

Профессор Г.И. Редько всегда был активным и постоянным участником многих всесоюзных, республиканских, всероссийских и международных совещаний, конференций и конгрессов, в том числе лесного конгресса в США (Анкоридж, 1994 г.) и XX конгресса ИЮФРО в Финляндии (Тампере, 1995 г.). Он усовершенствовал и обновил основную научную дисциплину «Лесные культуры и защитное лесоразведение», был создателем ряда новых направлений: лесные культуры в тропических и субтропических странах и история лесного дела. Один из наиболее выдающихся организаторов лесокультурного дела современности, он внес огромный вклад в отечественную и мировую науку.

В Московском государственном университете леса Георгий Иванович был не только желанным гостем, но также и активным участником различных семинаров, конференций и чтений, в частности посвященных Г.Ф. Морозову, К.Ф. Тюрмеру и другим классикам лесоводственной науки.

Особое внимание профессор Г.И. Редько уделял студентам и молодым ученым МГУЛеса. Осенью 2002 г. он провел незабываемую экскурсию для студентов лесного факультета МГУЛеса в Линдуловской лиственничной роще. В 2003 г. поддержал

молодежную научную инициативу и был активным организатором и идеологом III международной конференции молодых ученых «Леса Евразии – Белые ночи», посвященной 200-летию высшего лесного образования в России и 200-летию Санкт-Петербургской лесотехнической академии. До настоящего времени выпускники МГУЛеса с теплотой вспоминают о Георгии Ивановиче, всегда находившем время для гостей академии, и с теплотой и радушием принимавшим их в рабочем кабинете.

Заслуги Георгия Ивановича высоко оценены правительством и руководством страны. За многолетнюю производственную научно-педагогическую деятельность, за успехи в подготовке инженерных и научных кадров он награжден медалями «За трудовую доблесть» (1966), «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» (1971), «Ветеран труда» (1987). Указом президента РФ Б.Н. Ельцина Редько Г.И. присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1993).

Трилогия «Рукотворные леса Европейского Севера» (1991), «Корабельный лес во славу флота Российского» (1993) и «Лесовосстановление на Европейском Севере» (1994) удостоена премии и медали Ломоносовского фонда (1995).

Георгий Иванович Редько – один из тех простых людей, которые в число достойнейших граждан страны вошли благодаря таланту и исключительному трудолюбию. Его имя навечно вписано в лесную историю отечества, а научное наследие будет всегда служить людям на благо Российского леса.

Научно-информационный журнал «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» публикует статьи ученых высшей школы, НИИ, зарубежных специалистов, руководителей предприятий и инженеров; тексты докладов ученых на симпозиумах, конференциях и совещаниях; аннотации и рецензии на новые книги; публицистические и исторические литературные материалы.

Журнал «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий (http://vak.ed.gov.ru).

Выходит 6 номеров в год.

Подписку можно оформить в любом почтовом отделении («Роспечать» инд. 46814; «Пресса России» инд. 88469) или в издательстве МГУЛ (les-vest@mgul.ac.ru, тел. 8 (498) 687-41-33).

В адрес издательства обязательно высылается копия платежного поручения с указанием точного почтового адреса (включая подразделение организации, ФИО подписчика) + Подписка «Вестник МГУЛ – Лесной вестник», количество экземпляров.

АННОТАЦИИ / ABSTRACTS

Мерзленко М.Д. ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ ПРОФЕССОРА М.К. ТУРСКОГО.

Статья посвящена выдающемуся лесоводу, профессору Митрофану Кузьмичу Турскому (1840-1899). Среднее образование получил в духовной семинарии, затем – высшее образование в Санкт-Петербургском университете по разряду естественных наук. В Лесном институте и в Лисинском учебном лесничестве проходил специальный одногодичный курс лесоводства, после чего работал таксатором, лесничим и лесным ревизором. Наиболее ярко талант М.К. Турского как лесовода стал проявляться с началом научно-педагогической деятельности в Петровской земледельческой и лесной академии. М.К. Турский единственный среди лесоводов, кому поставлен памятник в г. Москве.

Ключевые слова: М.К. Турский, лесоводство, лесоустройство, географические посадки, шкала светолюбия древесных пород, Лесной институт, Петровская земледельческая и лесная академия, Никольская лесная дача, Особая экспедиция, учебник «Лесоводство», памятник.

Merzlenko M.D. PROFESSOR TURSKY'S LIFE JOURNEY.

The article is dedicated to the outstanding forester, professor Mitrophan Kuzmich Tursky (1840-1899). He received the secondary education at the religious academy and the higher education in the field of natural sciences at the Saint-Petersburg University. Then he took the special one-year course of studies in Lisinsky educational forestry and at the University of Forest. After that he works as a taxator, forest ranger, and forest inspector. M.K.Tursky's talent became most evident when he started his scientific and education career at the Petrovsky agricultural and forest academy. M.K.Tursky is the only forestry specialist, to whom a monument was put up in Moscow.

Key words: M. K. Tursky, silviculture, forest management, geographical plantings, photophily scale of tree species, Forest institute, Petrovsky agricultural and forest academy, Nikolsky forest estate, specific expedition, "Silviculture" textbook, monument.

Моисеев Н.А. ЛЕСНАЯ НАУКА И ПРАКТИКА В ИСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА ПРИМЕРЕ РОССИИ.

В статье рассматривается характер развития лесной науки и практики в историческом разрезе применительно к российским реалиям на мировом фонде, особое внимание привлекается к таким важным для лесного хозяйства дисциплинам, как лесоводство, лесоустройство, лесная экономика и лесоуправление. Отмечается важность для развития науки не только специализации, но интеграции знаний путем обобщения научных достижений и передового опыта и реализации их через организацию устойчивого пользования и управления лесами с ориентацией на достижение расширяющейся системы целей развития лесного хозяйства для удовлетворения растущих потребностей в основных продуктах и услугах леса нынешних и будущих поколений. Особое внимание при этом уделяется совершенствованию системы управления лесами и ее законодательному обеспечению.

Ключевые слова: лес, лесное хозяйство, лесоводство, лесная экономика, лесоустройство, лесоуправление, организация устойчивого пользования и управления лесами.

Moiseev N.A. THE FOREST SCIENCE AND PRACTICE IN THE HISTORICAL PERSPECTIVE: SITUATION AND PERSPECTIVES BY THE EXAMPLE OF RUSSIA.

In his article N.A. Moiseev considers the way of developing the forest science and practice throughout the Russian history against the world background, drawing a special attention to such important for forestry disciplines as silviculture, forest management, forest administration and forest economy. Not only specialization but also integration of knowledge by means of generalization of scientific achievements and advanced experience and their realization through the organization of sustainable forest use and forest management are important for the development of the science aimed at achieving an extensive system of purposes of developing forestry to fulfil further requirements for the basic forest products and services needed by the present and future generations. The special attention is thus paid to perfecting the system of forest management and providing its legislative support.

Key words: forest, forestry, silviculture, forest economy, forest management, forest administration, the organization of sustainable forest use and forest management.

Ломандер П. МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ КООРДИНИРОВАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, БИОЭНЕРГЕТИКУ И ИНФРАСТРУКТУРУ НА ПРИМЕРЕ РФ.

Имеются хорошее перспективы значительного увеличения объемов лесосырья разного ассортимента, например стволовой древесины, независимо от распределения между лесопилками, ЦБК и энергетическими компаниями. Изучаются общие пути оптимизации скоординированного расширения мощностей поставщиков лесосырья и биоэнергии и инфраструктуры. Рассматриваются альтернативные динамические модели. Выводятся оптимальные решения для различных случаев и делаются предварительные выводы по поводу значительного расширения промышленных мощностей разного рода использующих, лесосырье, что, в свою очередь, ведет к увеличению занятости во всех заинтересованных лесных регионах в рассматриваемом временном периоде планирования.

Ключевые слова: оптимизация, динамические модели, возобновляемая энергия.

Lohmander P. METHODOLOGY FOR OPTIMIZATION OF COORDINATED FORESTRY, BIOENERGY AND INFRASTRUCTURE INVESTMENTS WITH FOCUS ON RUSSIAN FEDERATION.

It is possible to increase the industrial utilization of raw materials from the forests, such as stem wood and other assortments, irrespective of how these assortments are distributed between saw mills, pulp mills and companies in the energy industry. The general structure of the optimization problem of coordinated expansion of sustainable forest and bio energy supply chains, infrastructure and industrial plants has been studied. Alternative dynamic optimization models have been defined. Optimal solutions have been derived for alternative cases and conclusions have been made. Capacities of industries of different kinds, using raw materials from the forests, should be strongly expanded. This also leads to increased employment in all concerned regions over an infinite horizon.

Key words: optimization, dynamic optimization model, renewable energy.

Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА: ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД.

Показаны особенности разрабатываемой инновационной технологии тематической обработки данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования. Демонстрируются примеры распознавания природно-техногенных объектов при обучении классификатора на основе одного самолетного трека с данными гиперспектральной съемки и распространения результатов обучения на другой трек. Обсуждается новый подход к валидации получаемой информационной продукции обработки аэроизображений выбранной тестовой территории лесной растительности.

Ключевые слова: гиперспектральное аэрокосмическое зондирование, распознавание объектов, наземная валидация.

Kozoderov V.V., Dmitriev E.V. FOREST COVER REMOTE SENSING: AN INNOVATIVE APPROACH.

Characteristic features of the developed innovative technology of thematic processing hyperspectral airspace remote sensing data are shown. Examples are revealed of natural and anthropogenic objects pattern recognition under supervising the relevant classifier on a one aircraft routine with the hyperspectral instrument installed onboard it while extending the supervising results on another route. A new approach is discussed concerning the validation of the obtained information products of airborne imagery processing for the selected test area with forest vegetation.

Key words: hyperspectral airspace remote sensing, pattern recognition, ground-based validation.

Ломандер П., Зазыкина Л.А. МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕПРЫВНОГО НЕИСТОЩИТЕЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ УСЛУГ И ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ В ЛЕСНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

Леса используются и могут использоваться в разных целях. Важно учесть все эти цели одновременно. Разработан новый методологический подход к оптимизации лесопользовании с учетом

обеспечения рекреационных услуг, переработки в лесной и энергетической промышленности. Он максимизирует общую текущую дисконтированную стоимость непрерывного неистощительного лесопользования и учитывает все затраты будущего периода и доходы, включая начальные затраты.

Ключевые слова: оптимизация, рекреационные услуги, лесопользование.

Lohmander P., Zazykina L.A. METHOLOGY FOR OPTIMIZATION OF CONTINUOUS COVER FORESTRY WITH CONSIDERATION OF RECREATION AND THE FOREST AND ENERGY INDUSTRIES.

Forests can be, and are, used for many different purposes. It is important to consider these simultaneously. A new methodological approach to optimization of forest management with consideration of recreation and the forest and energy industries has been developed. It maximizes the total present value of continuous cover forest management and takes all relevant costs and revenues into account, including set up costs.

Key words: optimization, recreation, forest management.

Бабич Н.А., Клевцов Д.Н. ЗАПАСЫ ЭНЕРГИИ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ.

Приведены запасы и структура аккумулированной культурами сосны энергии в разных типах леса южной подзоны тайги. Представленные материалы дают возможность оценивать энергетический потенциал традиционно неиспользуемых фракций фитомассы и позволяют наметить пути их энергетического использования, а также являются основой для составления энергетического баланса лесных экосистем.

Ключевые слова: культуры сосны обыкновенной, энергетический потенциал, фитомасса, типы леса, древесный ярус.

Babich N.A., Klevtsov D.N. RESERVE OF ENERGY IN PINE CULTURES.

Showed reserve and structure storage energy pine cultures in different typies of forest in south-subarea of taiga. Presented data give posibilities to evaluate energy potential unutilized parts of phytomasse and find out solutions their energy use, as well as can be foundation for tabulation energy balance in forest ecosystems.

Key words: cultures of pine, energy potential, phytomass, types of forest, wood floor.

Иванов В.П., Марченко С.И., Зайцева Л.В., Иванов Ю.В. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШИШЕК СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Изучен характер изменений линейных размеров шишек сосны обыкновенной при кратковременном хранении. Установлено, что хранение шишек в лабораторных условиях приводит к быстрым изменениям их размеров. Использование непараметрических критериев позволило выявить и оценить различия изученных параметров. Анализ частотных распределений по биометрическим параметрам шишек показал целесообразность выполнения измерений не позднее 3-х суток после их сбора. Определены значимые множественные линейные модели зависимости размеров шишек от основных климатических показателей, характеризующих динамику процесса высыхания и раскрывания шишек.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, морфометрия шишек, критерий Уилкоксона, корреляционный анализ, множественная линейная регрессия.

Ivanov V.P., Marchenko S.I., Zaitseva L.V., Ivanov Yu.V. METHODOLOGICAL ASPECTS OF SCOTS PINE CONES BIOMETRICS DETERMINATION.

Behaviors of linear sizes of the Scots pine cones are studied during short-term storage. It was established that pine cones storage in laboratory conditions leads to fast changes of their sizes. Nonparametric test has allowed revealing and estimating distinctions of the studied parameters. The analysis of frequency distributions of pine cones biometrics has shown expediency of metering not later than 3 days after their gathering. Significant multiple linear regressions of cones sizes dependence from the main climatic indexes, characterizing dynamics of pine cones exsiccation and dehiscence, are defined.

Key words: Scots pine, cones biometrics, Wilcoxon signed-rank test, correlation analysis, multiple linear regression.

Алексеенко А.Ю. ПРОБЛЕМЫ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.

Елово-пихтовые и хвойно-широколиственные леса Дальнего Востока России являются разновозрастными и отличаются сложным строением древостоя. Существующая практика проведения рубок ухода в хвойно-широколиственных лесах и низкая доля выборочных рубок в елово-пихтовых лесах являются главными угрозами для них. Стратегия и методы лесоэксплуатации требуют немедленного пересмотра. Необходимо разработать региональные правила заготовки древесины, которые бы учитывали положительный опыт использования разновозрастных лесов.

Ключевые слова: елово-пихтовые леса, хвойно-широколиственные леса, расчетная лесосека, рубки ухода

Alexeenko A.U. THE LOGGING ISSUES IN THE UNEVEN-AGED FORESTS OF THE RUSSIAN FAR EAST

Spruce-fir forests and coniferous-broad-leaved forests of Russian Far East have complex stand structure and uneven-aged. The existing practice of cleaning cuttings in mature and over-mature stands in coniferous-broad-leaved forests and low proportion of selective cuts in the spruce-fir forests are the main threats for uneven-aged forests of the region. The strategy and methods of exploitation of this forest promptly needs reforming. It is necessary to develop the regional logging rules, which could take into account the local positive experience

Keywords: spruce-fir forests, coniferous-broad-leaved forests, annual allowable cut, cleaning cutting.

Гахрамани, Л. Салэхиан М., Газанфари Х. СРАВНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МЕНЕЕ РАЗРУШЕННЫХ И УПРАВЛЯЕМЫХ ТРАДИЦИОННЫМ СПОСОБОМ НАСАЖДЕНИЙ В СЕВЕРНОМ ЗАГРОСЕ (Г. БАНЭ, ЗАПАД ИРАНА).

Проведены исследования структуры менее разрушенных и управляемых традиционным способом насаждений на западе Ирана. Определены таксационные показатели в исследуемых насаждениях. Проведен анализ влияния традиционного лесопользования на таксационные показатели дубовых насаждений запада Ирана. Установлено, что различие таксационных показателей в исследуемых насаждениях на уровне одного процента достоверно.

Ключевые слова: лесная структура, традиционное лесопользование, менее разрушенные насаждения, управляемые традиционным способом насаждения, Северный Загрос, Банэ.

Ghahramany L., Salehian M., Ghazanfari H. COMPARISON OF FOREST STRUCTURE UTILIZED BY TRADITIONAL METHOD WITH LESS-DISTURBED FOREST STANDS IN NORTHERN ZAGROS (CASE STUDY: BANEH, WESTERN IRAN).

In this research, three less-disturbed and three traditionally-used stands were selected in different regions of west of Iran. In studied stands biometrical indices were measured. In less -disturbed stands and traditionally– used stands measured biometrical indices were compared. The results show that the difference of biometrical indices between less-disturbed and traditionally-used stands are significant)p< 0.01).

Key word: forest structure, traditional utilization, less– disturbed stands, traditionally used stands, northern zagros, baneh.

Иванов А.В. СЕЗОННЫЙ РОСТ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЕЛИ В ЮЖНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ В 2009 ГОДУ.

В статье приведены результаты измерения прироста побега в культурах ели различного географического происхождения, заложенных в южной подзоне тайги (Костромской области). Показана динамика прироста главного побега у разных фенотипических групп провениенций. Построена корреляционная матрица связи прироста с таксационными показателями блоков географических культур.

Ключевые слова: географические культуры ели, провениенция, прирост.

Ivanov A.V. SEASONAL GROWTH OF GEOGRAPHICAL CULTURES OF FUR-TREES IN SOUTHERN SUBBAND OF TAIGA IN 2009.

In article results of measurement of a gain of runaway in cultures of a fur-tree of a various geographical origin are resulted. They are created in a southern subband of a taiga (Kostroma region). The analysis of dynamics of a gain at various origins is carried out.

Key words: geographic culture ate provenienz, growth.

Мельник П.Г., Карасев Н.Н. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛИСТВЕННИЦЫ В ФАЗЕ ПРИСПЕВАНИЯ.

Приводятся результаты изучения географической изменчивости лиственницы в фазе приспевания на двух сериях опытов Бронницкого лесничества Виноградовского опытного лесхоза Московской области. В 1954–1955 гг. на площади 41,7 га высажены 6 видов лиственницы из 41 географического пункта СССР. В дальнейшем (1958–1963 гг.) видовой состав лиственницы был расширен до 12 видов и 53 климатипов. К настоящему времени столь обширный географический спектр лиственницы в опытных культурах Бронницкого лесничества дает возможность наиболее полно охарактеризовать производительность лиственницы по зонам Евроазиатского ареала, а также получить достоверную информацию о росте и продуктивности испытываемых экотипов. Полувековой опыт выращивания лиственницы в Бронницком лесничестве показал, что лучшим ростом и продуктивностью характеризуются лиственницы европейская, польская, японская и Сукачева. Эти виды занимают лидирующие позиции почти по всем таксационным показателям, причем лучшие провениенции получены из Польши, Ивано-Франковской области Украины, Сахалинской, Архангельской, Кировской, Ивановской областей России.

Ключевые слова: географические культуры, лиственница, фаза приспевания, Бронницкое лесничество.

Melnik P.G., Karasev N.N. GEOGRAPHIC VARIATION OF LARCH AT THE PREMATURE STAGE.

The geographic variation of larch at the premature stage during two sets of experiments in Bronnitsky forest district (Vinogradsky experimental forestry enterprise, Moscow region) was studied and the results are presented in the article. Six species of larch from 41 locations of the USSR were planted on the area of 41, 7 ha in 1954–1955. The species composition of larch was further expanded to 12 species and 53 climatic types (1958–1963). Today the wide geographical range of larch in provenance trials of Bronnitsky forest district makes it possible to define the capacity of larch stands according to Euro-Asian area zones to the fullest extent. It also facilitates the collection of reliable information on growth and productivity of the ecotype tested. Semicentennial experience in Larch growing in Bronnitsky forest district showed that European Larch, Polish Larch, Japanese Larch and Sukachev Larch have the fastest growth and the highest productivity. These species share leading position according to all inventory rates. Moreover the best provenances are from Poland, from Ivano-Frankovsky Region in Ukraine, from Sakhalin Region, Arkhangelsk Region, Kirov Region, Ivanovo Region, Russia.

Key words: provenance forest crops, larch, Premature stage, Bronnitsky forest district.

Мельник П.Г., Насыпайко Н.Ю. ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ.

Статья посвящена исследованиям естественного возобновления лиственницы в Центральной России, выполненным за период 2007–2010 гг. Установлено, что, выращивая лиственницу за границами естественного ареала и применяя простейшие лесохозяйственные приемы содействия естественному возобновлению, можно добиться увеличения площадей, занимаемых этой породой.

Ключевые слова: естественное возобновление, лиственница, Центральная Россия.

Melnik P.G., Nasipayko N.U. NATURAL REGENERATION OF LARCH IN CENTRAL RUSSIA.

The article is devoted to the research of the larch natural regeneration in Central Russia within the period of 2007–2010. It was founded out that it is possible to expand the larch forested areas by growing this

species beyond the borders of its habitat and applying the simplest forestry methods to facilitate its natural regeneration.

Key words: natural regeneration, larch, Central Russia.

Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ.

В результате исследований установлено, что в тепличных комплексах в условиях средней подзоны тайги имеются значительные перспективы по повышению качества и увеличению выхода сеянцев с закрытой корневой системой.

Ключевые слова: посадочный материал с закрытой корневой системой (ПМЗК), сеянцы, теплицы, технология выращивания, температурный режим, полив.

Mochalov B.A., Bobushkina S.V. THE GROWING OF CONTAINERIZED SEEDLINGS IN ARKHANGELSK REGION.

Observations have shown that in greenhouses in the conditions of an average subband of a taiga there are considerable prospects on improvement of quality and increase of containerized seedlings crop.

Key words: containerized planting stock, seedlings, technology for growing, conditions of temperature, irrigation.

Саранчук А.П., Хайлова О.В. ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА ОТВАЛАХ ЛУЧЕГОРСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА ПРИМОРСКОГО КРАЯ.

Статья отражает опыт создания искусственных насаждений облепихи крушиновидной, тополя Максимовича, сосны обыкновенной, ясеня маньчжурского и клена приречного, созданных на отвалах Лучегорского угольного разреза Приморского края. Опыт искусственных насаждений на отвалах после угледобычи в условиях Приморского края показывает возможность применения на отвалах различной экспозиции данных древесных пород.

Ключевые слова: нарушенные земли, угольные отвалы, культуры древесных пород, искусственные насаждения, участки лесных культур.

Saranchuk A.P., Khailova O.V. EXPERIENCE OF CREATION OF WOOD CULTURES ON SAILINGS OF THE LUCHEGORSKY COAL CUT OF PRIMORSKI TERRITORY.

The article presents the experience of artificial forests planting: sea buckthorn, (*Hippophae rhamnoides)*, Japan poplar (*Populus maximowiczii*), Archangel fir (*Pinus sylvestris*), Manchurian ash and Amur maple (*Acer ginnala*), grown on the Luchegorsky mine dump of Primorskiy krai. The experience of artificial forests planting on the Luchegorsky mine dump of Primorskiy krai shows the possibility of wood species application on different mine dumps.

Key words: disturbed soils, mine dumps, wood species, artificial forests planting, sylvula area.

Романовский М.Г. СТРУКТУРА ВИДА, СЕЛЕКЦИЯ, СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ.

Виды лесных деревьев – динамические системы морфологических и поведенческих (физиологических) групп. Серии габитуальных форм в древостое развиваются на фоне конкуренции, отбора и пороговых онтогенетических изменений. Статистическая картина вариационного ряда не укладывается в рамки Гауссовского нормального распределения. Основной образ – ряд перекрывающихся треугольных Симпсоновских распределений, каждое из которых связано с определенной морфологической или поведенческой группой. Структурированные объекты требуют индивидуально-группового описания элементов: метамеров, индивидов, онтогенетических стадий и т.д.

Ключевые слова: структура вида, селекция, методика анализа.

Romanowsky M.G. SPECIES STRUCTURE, SELECTION, DATA OBTANING AND ANALYSES.

Forest tree species is a dynamical system of morphological and behavior (physiological) variations. Tree stand performed us a quantity of habitual morphs, growing on the background of competition and

ontogenetic threshold changes. The main statistical picture of a variation row not be the Gauss "normal" distribution curve, but the serial of overlapping triangle Simpson's distributive functions each of them attached to some morphological or behavior groop. The structural object need an individual attempts to the each element (individual, methamere, ontogenetic or physiological state est.).

Key words**:** species structure, morphs selection, analyses methods.

Царев А.П., Царева Р.П., Царев В.А. ИСПЫТАНИЕ КЛОНОВ И ГИБРИДОВ ТОПОЛЕЙ ПОДРОДА *LEUCE DODE.*

Приведены данные по росту и сохранности тополей из секций белых и осин в испытательных насаждениях Центрального Черноземья. Проанализирована динамика средних и текущих приростов до 35-летнего возраста. Установлено, что белые тополя в полтора раза медленнее достигают возраста количественной спелости, чем представители настоящих тополей из секций черных и бальзамических. Выделены лучшие гибриды из секций *Albidae* и *Trepidae*.

Ключевые слова: белые тополя, осина, гибриды, интродуценты, рост, сохранность, приросты по запасу древесины, количественная спелость.

Tsarev A.P., Tsareva R.P., Tsarev V.A. THE TEST OF SUBGENUS *LEUCE DODE* POPLARS CLONES AND HYBRIDS.

The data of growth and survival of white and aspen poplars in test plantations of Central Tchernozem region are given. The analysis of mean and current increases dynamic up to 35-year age is lead. It is determined that white poplars reach the age of quantitative economic exploitability in 1,5 times more slowly than representatives of black and balsam sections of *Eupopulus* ones. There are selected the best clones of *Albidae* and *Trepidae* poplars sections.

Key words: white poplars, aspen, hybrids, introducents, growth, survival, wood stock increase, quantitative economic exploitability.

Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В. ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОГО ДНЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К ТОКСИЧЕСКОМУ ДЕЙСТВИЮ ЦИНКА.

В работе изучены особенности развития сеянцев сосны обыкновенной в условиях различной продолжительности световых периодов (12 и 16 ч). Исследуется влияние продолжительности светового периода на устойчивость сеянцев к хроническому действию сульфата цинка. Установлено благоприятное влияние продолжительного светового дня на темпы развития сеянцев и их устойчивость к цинку. Обсуждаются возможные механизмы адаптации сеянцев сосны к неблагоприятным факторам среды.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, длина светового дня, морфометрические показатели, супероксиддисмутаза, пролин.

Ivanov Yu.V., Savochkin Yu.V. DAY LENGTH INFLUENCE ON SCOTS PINE SEEDLINGS TOLERANCE TO ZINC TOXIC ACTION.

Features of Scots pine seedlings development under different day lengths (12 and 16 h) were studied. Influences of different light periods on seedlings tolerance to zinc sulfate are investigated. Beneficial effect of long day length on seedlings rate of growth and on their tolerance to zinc are established. Possible adaptive strategy of Scots pine seedlings to adverse factors are discussed.

Key words: Scots pine, day length, morphometric features, superoxide dismutase, proline.

Иванов Ю.В., Савочкин Ю.В., Кузнецов В.В. ХРОНИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЦИНКА НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ В СЕЯНЦАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Изучены особенности функционирования антиоксидантной защитной системы сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях хронического действия высоких концентраций цинка (100–1500 мкМ $ZnSO_4$). Установлена высокая чувствительность сеянцев сосны к токсическому действию цинка. Показано ингибирование активности супероксиддисмутазы, развитие окислительного

стресса и увеличение активности ферментов, разрушающих H_2O_2 в хвое сеянцев. Установлено наличие реципрокного характера отношений между активностью супероксиддисмутазы и системами аккумуляции пролина в условиях хронического действия высоких концентраций цинка.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, тяжелые металлы, цинк, антиоксидантные ферменты, пролин, супероксиддисмутаза.

Ivanov Yu.V., Savochkin Yu.V., Kuznetsov Vl.V. THE CHRONIC EFFECTS OF HIGH ZINC CONCENTRATIONS ON ANTIOXIDATIVE SYSTEMS SCOTS PINE SEEDLINGS.

Effects of high zinc concentrations (100–1500 μM $ZnSO_4$) on biochemical characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings during first 6 weeks of their development were studied. Scots pine turned out to be rather sensitive to elevated zinc concentrations. The superoxide dismutase decreased activity; oxidative stress development and increasing activity of the enzymes, destroying H_2O_2, in pine needles by high zinc concentrations was shown. The reciprocal interaction between superoxide dismutase activity and proline storage system under chronic effects of high zinc concentrations is established.

Key words: Scots pine, heavy metals, zinc, antioxidative enzymes, proline, superoxide dismutase.

Кляйн О.И., Николаев И.В., Куликова Н.А., Степанова Е.В., Королева О.В. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ ЕМКОСТЬ ПОЧВ.

Показано, что внесение аммиачной селитры, Лигногумата и Биопрепарата приводит к увеличению антиоксидантной емкости (АОЕ) почв. Наибольший рост этого показателя был отмечен в варианте с внесением Лигногумата, что объясняется высоким содержанием в нем фенолов. Результаты корреляционного анализа показали, что единственная значимая линейная взаимосвязь существует между АОЕ и содержанием фенольных соединений ($r^2 = 0.89$). Это позволяет сделать вывод о непосредственном влиянии фенольных соединений на антиоксидантные свойства почв.

Ключевые слова: антиоксидантная емкость почв, фенольные соединения

Klein O.I., Nikolaev I.V., Kulikova N.A., Stepanova E.V., Koroleva O.V. INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS ON SOIL ANTIOXIDANT CAPACITY.

Introduction of ammonium nitrate, Lignohumate and Biopreparation was demonstrated to result in considerable increase in soil antioxidant capacity (AOE). The maximum increase in AOC was registered in Lignohumate variant what probably resulted from high phenols content. Correlation analysis revealed the only statistically significant linear correlation relationship ($r^2 = 0.89$) between AOC and phenol contents. The latter was evident for the direct influence of phenol compounds on antioxidant properties of soil.

Key words: soil antioxidant capacity, phenol compounds.

Мудрик Е.А., Белоконь М.М., Белоконь Ю.С., Жулина Е.В., Политов Д.В. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ДОЛЯ ПЕРЕКРЕСТНОГО ОПЫЛЕНИЯ *PINUS CEMBRA* L. В УКРАИНСКИХ КАРПАТАХ И АВСТРИЙСКИХ АЛЬПАХ ПО АЛЛОЗИМНЫМ И МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ.

Проведен сравнительный анализ генетического разнообразия и системы скрещивания в популяциях европейской кедровой сосны *Pinus cembra* L. из центральной (Австрийские Альпы) и периферийной (Украинские Карпаты) частей ареала с помощью шести аллозимных и трех микросателлитных локусов. По аллозимным локусам установлен более высокий уровень инбридинга в семенном потомстве (F_{IS}=0,167) и более низкая доля перекрестного опыления (t_m=0,700–0,748) в карпатских выборках *P. cembra* по сравнению с альпийскими (F_{IS}=0,053, t_m=0,880–0,916). Оценки t_m по микросателлитам были близки для карпатских и альпийских выборок (0,747 – 0,874 и 0,879 – 0,893, соответственно). В семенном потомстве выявлено систематическое снижение уровней наблюдаемой аллозимной гетерозиготности (H_O=0,167–0,210) по сравнению с взрослыми деревьями (H_O=0,216–0,256) вследствие самоопыления и близкородственных скрещиваний, однако по микросателлитам данная тенденция была менее выражена. Совместное применение аллозимов и микросателлитов информативно для получения фундаментальных генетико-экологических знаний о виде и прикладных программ сохранения его генофонда.

Ключевые слова: *Pinus cembra*, сосна кедровая европейская, аллозимные и микросателлитные локусы, генетическая изменчивость, доля перекрестного опыления.

Mudrik E.A., Belokon M.M., Belokon Yu.S., Zhulina E.V., Politov D.V. GENETIC VARIATION AND OUTCROSSING RATE IN *PINUS CEMBRA* L. OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS AND AUSTRIAN ALPS BY ALLOZYME AND MICROSATELLITE LOCI.

Comparative analysis of genetic diversity and mating system in Swiss stone pine *Pinus cembra* L. from the Austrian Alps and Ukrainian Carpathians was studied by six allozyme and three microsatellite loci. Estimates made by allozymes showed higher inbreeding level among seed progeny (F_{IS}=0,167) and lower outcrossing rate (t_m=0,700–0,748) in marginal Carpathian populations as compared to the Alpine stands (F_{IS}=0,053, t_m=0,880–0,916) representing the center of the range. Microsatellite estimates of t_m were shown to be similar in Carpathian and Alpine samples (0,747 – 0,874 и 0,879 – 0,893, respectively). A trend to lower observed heterozygosity by allozymes was revealed in seed progenies (H_O=0,167–0,210) as compared to adult trees (H_O=0,216–0,256) due to selfing and consanguineous mating, however this observation was not evident from microsatellite data. Combined application of allozyme and microsatellite analysis provides valuable information for both fundamental genecological knowledge and conservation of the species gene pool.

Key words: *Pinus cembra*, Swiss stone pine, allozyme and microsatellite loci, genetic variation, outcrossing rate.

Орешкова Н.В., Белоконь М.М. ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТНОГО АНАЛИЗА.

С помощью ядерных микросателлитных маркеров изучено генетическое разнообразие двух популяций лиственницы сибирской на Алтае. Анализ одиннадцати микросателлитных локусов показал высокое генетическое разнообразие внутри популяций. Все локусы оказались полиморфными. Среднее число аллелей на локус составило 9. Средняя наблюдаемая гетерозиготность оказалась ниже ожидаемой (0,410 и 0,668 соответственно). Недостаток гетерозигот может объясняться наличием нуль-аллелей либо высоким уровнем инбридинга и близкородственных скрещиваний. Большая часть генетической изменчивости сосредоточена внутри популяций, и лишь 1,6 % всей изменчивости приходится на долю межпопуляционной. Генетическая дистанция между изученными популяциями лиственницы сибирской составила 0,016.

Ключевые слова:лиственница сибирская, микросателлитный анализ, генетическое разнообразие, структура и дифференциация популяций.

Oreshkova N.V., Belokon M.M. EVALUATION OF SIBERIAN LARCH GENETIC DIVERSITY BY MICROSATELLITE LOCI.

Genetic diversity of two Siberian larch populations from Altai was studied using nuclear microsatellites. Eleven microsatellite loci analysis reviled high genetic diversity inside of populations. All loci are polymorphic. Average number of alleles per loci is 9. Average observed heterozygosity was lower than expected heterozygosity (0,410 and 0,668 respectively). Heterozygotes deficiency may be explained by presents of null alleles or high level of inbreeding and consanguineous mating. Main part of genetic diversity is within populations, and only 1,6 % of diversity is interpopulation. Genetic distance between populations under study is 0,016.

Key words: Siberian larch, microsatellite analysis, genetic diversity, structure and differentiation of populations.

Архипенко Н.А. КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСОБО ЦЕННЫХ РЕДКИХ И ЭТАЛОННЫХ ЛЕСОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА».

Выявлены особенности формирования и размещения редких и эталонных лесных сообществ Национального парка «Браславские озера». Определены потенциальная продуктивность, средние и максимальные классы бонитетов для основных лесообразующих пород Национального парка «Браславские озера» по типам лесорастительных условий. Определена типологическая структура насаждений с участием широколиственных пород Национального парка «Браславские озера».

Ключевые слова: эталонные насаждения, продуктивность, тип лесорастительных условий.

Arkhipenko N.A. CRITERIONS FOR ALLOCATION OF PARTICULARLY VALUABLE RARE AND REFERENCE FOREST OF THE NATIONAL PARK "BRASLAV LAKES».

The features of formation and distribution of rare and reference forest communities of the National Park «Braslav lakes" are revealed. Potential productivity, average and maximum value class for the main forest-forming species of the National Park «Braslav lakes» by type of forest-grow conditions are determined. The typological structure of plantations with the participation of broad-leaved of the National Park «Braslav lakes» is advanced.

Key words: reference plantations, productivity, type of forest-grow conditions.

Ведерников И.Б., Рунова Е.М. ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ХВОЙНЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО ПРИАНГАРЬЯ К СУКЦЕССИОННЫМ ПРОЦЕССАМ.

В данной статье представлены результаты исследований пространственной сукцессионной динамики хвойных лесов бореальной зоны в Среднем Приангарье. Выведен показатель, отражающий экологическую ценность участков лесных земель в аспекте сукцессионной устойчивости при создании экологических коридоров в эксплуатационных лесах Приангарья.

Ключевые слова: сукцессия, сукцессионная устойчивость, экологический коридор, эксплуатационные леса, растительность, показатель.

Vedernikov I.B., Runova E.M. SOME FACTORS OF STABILITY CONIFEROUS BOREAL FOREST TO SUCCESSION PROCESSES IN MIDDLE PRIANGARYE.

The article presents the results of researh of spatial successional dynamics of coniferous boreal forests of the Middle Priangarye. Identified a figure that reflects the environmental value of forest land plots in the aspect of successional stability for creating ecological corridors in operational forest Priangarye.

Key words: succession, succession stability, ecological corridor, production forests, vegetation, index.

Вознячук И.П. МОНИТОРИНГ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.

Стратегия сохранения видов растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, предусматривает охрану их конкретных популяций. Для осуществления данной стратегии должна проводиться целенаправленная работа по оценке современного жизненного состояния этих популяций. Эти исследования являются основной составляющей частью мониторинга охраняемых видов растений, который может рассматриваться как одна из практических мер реализации стратегии сохранения охраняемых видов растений. По результатам мониторинга разрабатываются «Планы действий» в целях создания нормативной и методической базы для предложения конкретных научно обоснованных мероприятий по сохранению редких видов растений и восстановлению их численности. Внедрение «Планов действий» в практику природоохранной деятельности позволит поставить на практическую основу работу по восстановлению численности и сохранению популяций «краснокнижных» видов растений и их местообитаний.

Ключевые слова: мониторинг охраняемых видов растений в Республике Беларусь, приоритетное направление, концепция, результаты.

Voznyachuk I.P. MONITORING OF PROTECTED PLANTS IS PRIORITY DIRECTION OF FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCHES IN REPUBLIC OF BELARUS.

Conservation strategy of plants species including in the Red Book envisages protection of its single populations. For realization of the strategy the work about these populations present-day vital state assessment must be conducted. Such researches are fundamental component of monitoring of protected species of plants. This monitoring can be considered as one of practical measures of protected plants conservation strategy realization. In the results of the monitoring "Action plans" are developed with a view to create normative and methodical basis for suggestions of scientific well-founded measurements to conserve rare plants species and restoration its population. Application of "Action plans" in practice of nature-conservative activity will allow setting the work on restoration of population and conservation of rare and threatened species of plants and its habitats on practical basis.

Key words: monitoring of protected species of plants in Republic of Belarus, priority direction, idea, results.

Гаврилин И.И., Рунова Е.М. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГАЗОПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ В УРБОЭКОСИСТЕМЕ Г.БРАТСКА.

В данной статье представлены результаты исследований реальной и потенциальной газопоглотительной способности различных видов растений в городе Братске. Выявлена адсорбция поверхностными тканями листьев древесных растений газообразных соединений фтора и серы вблизи алюминиевого завода. Установлено, что пылеосаждающая способность древостоев урбоэкосистемы Братска используется лишь частично.

Ключевые слова: газопоглотительная способность, урбоэкосистема, алюминиевый завод, аэротехногенное загрязнение, растительность, газоустойчивость.

Gavrilin I.I., Runova E.M. SOME FEATURES OF THE TREES ADSORPTION CAPACITY IN BRATSK CITY URBAN ECOSYSTEM.

The article presents the research results of real and potential absorption ability of some species of tree planting in Bratsk city. The adsorption by woody plants leaf surface tissues of gaseous fluorine compounds and sulfur ones around the aluminum plant was revealed. Found that the dust sedimentation ability of Bratsk urban ecosystem trees is partly used.

Key words: absorption ability, urban ecosystem, aluminum plant, air pollution, vegetation, gaseous stability.

Джакония Е.Ф. КЛЕН МЕЛКОПИЛЬЧАТЫЙ – ЭНДЕМИК о. ТАЙВАНЬ, КАК ЦЕННЫЙ ДРЕВЕСНЫЙ И ДЕКОРАТИВНЫЙ ВИД НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КАВКАЗА (ЧПК).

Излагаются происхождение и ботаническое описание вида, биоэкологические и дендрометрические особенности в условиях интродукции в Институте ботаники АНА. Отмечаются возможности практического его использования.

Ключевые слова: клен мелкопильчатый, рост, плодоношение, декоративность

Dzhakonija E.F. ACER SERRULATUM – ENDEMIC OF TAIWAN isl. VALUABLE WOODY AND DECORATIVE PLANTS AT THE BLACK SEA COAST OF CAUCASUS (BSCC).

The origin and the botanical description of a species, bioecological and dendrological are stated to feature in the conditions of an introduction at Institute of botany AAS. Possibilities of its practical use are marked.

Key word: Acer serrulatum, growth, fructification, decorative effect.

Журов В.Д. РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ.

В статье рассматривается вопрос классификации ландшафтных экспозиций. Дается краткое описание основных групп экспозиций.

Ключевые слова: ландшафтная экспозиция, ботаническая экспозиция, стиль

Zhurov V.D. DEVELOPMENT OF CLASSIFICATION OF LANDSCAPE EXPOSITIONS.

The article discusses the classification of landscape exhibits. A brief description of the major groups of exposures.

Key words: landscape exhibits, botanical exhibition, style

Кистерный Г.А., Паничева Д.М. ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ИЗ НАСАЖДЕНИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ХРОНИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЩЕЛОЧНЫХ И ФТОРИСТЫХ ПРОМВЫБРОСОВ.

Дана оценка состояния женской и мужской репродуктивной сферы сосны обыкновенной в условиях хронического воздействия промвыбросов различной химической природы

Ключевые слова: сосна обыкновенная, жизнеспособность пыльцы, щелочное и фтористое загрязнение.

Kisterniy G.A., Panicheva D.M. VITAL CAPACITY OF *PINUS SILVESTRIS* FROM THE PLANTATIONS THAT ARE CONSTANTLY UNDER INFLUENCE OF ALKALINE AND FLUORIC INDUSTRIAL EMISSIONS.

The report contains an estimation of female and male reproduction sphere of *Pinus silvestris* in the conditions of constant influence of various chemical industrial emissions.

Key words: Pinus silvestris, vital capacity of pollen, alkaline and fluoric pollutions.

Крылов А.М., Владимирова Н.А., Малахова Е.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ГИС В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.

В работе описывается опыт использования свободной ГИС QuantumGIS в системе дистанционного лесопатологического мониторинга в ФГУ «Рослесозащита». Рассматривается современная методика дистанционного мониторинга пожаров и непирогенных усыханий, перечисляются источники данных и методы их обработки в среде ГИС. Анализируется текущая ситуация по использованию ГИС в лесном хозяйстве и лесном мониторинге и делается вывод о перспективах использования в данной отрасли свободных ГИС.

Ключевые слова: дистанционный лесопатологический мониторинг, дистанционное зондирование Земли , геоинформационные системы.

Krylov, A.M., Vladimirova N.A., Malakhova, E.G. USE OF OPEN-SOURSE GIS IN FOREST MONITORING.

The paper describes the experience of using open-source QuantumGIS in a system of remote monitoring of forest pathology in Russian Center for Forest Health. The modern method of remote monitoring of fires and other types of forest damage are considered, data sources and methods of their processing in a GIS environment are discussed. Current situation on the use of GIS in forestry and forest monitoring is examined, and the proposal to use open-source GIS are made.

Key words: remote forest monitoring, remote sensing, geographic information systems.

Пляшечник, М.А. Шапченкова О.А. РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВЕНКИИ НА ВНЕСЕНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ.

Исследовано влияние применения азотного удобрения на морфометрические показатели брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и багульника болотного (*Ledum palustre* L.) в лесных экосистемах Центральной Эвенкии. Показано, что внесение мочевины в дозах 12 и 60 кг N·га$^{-}$1 в течение 3 лет способствовало увеличению биологической продуктивности кустарничков. Отклик *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Ledum palustre* L. характеризовался увеличением количества парциальных кустов на 1 м^2, общего числа побегов текущего года и общего прироста текущего года по сравнению с контролем.

Ключевые слова: мочевина, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Ledum palustre* L., морфометрические показатели.

Plyashechnik M.A., Shapchenkova O.A. RESPONSE OF GROUND VEGETATION OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE CENTRAL EVENKIA TO NITROGEN FERTILIZATION.

We studied an effect of nitrogen fertilization on the morphometric parameters of cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) and wild rosemary (*Ledum palustre* L.) in the forest ecosystems of the Central Evenkia. Application of urea during 3 years at rates 12 and 60 kg N ha^{-1} resulted in increasing the biological productivity of dwarf shrubs. The response of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *Ledum palustre* L. was characterized by higher number of shrubs per 1 m^2, total number of the current year's shoots, and the total annual increment compared with control.

Key words: urea, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Ledum palustre* L., the morphometric parameters.

Токарева И.В., Прокушкин А.С. СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЕГО ВОДОРАСТВОРИМОЙ ФРАКЦИИ В МОХОВО-ЛИШАЙНИКОВЫХ АССОЦИАЦИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ.

Выявлены особенности содержания азота, углерода и его водорастворимой фракции в растительном материале и подстилках различных видов-доминантов среди мхов и лишайников криолито-

зоны. Показано, что содержание водоэкстрагируемого органического углерода (ВЭОУ) имеет слабую зависимость от химических параметров (C, N, C/N) и в большей степени определяется видовой принадлежностью и гидротермическими условиями произрастания. Среди зеленых мхов *P. schreberi* отличается максимальным содержанием ВЭОУ. В лишайниках содержание ВЭОУ ниже, чем во мхах. В связи со значительным накоплением как биомассы, так и мортмассы для сфагнового мха *S. fuscum* характерен наибольший запас ВЭОУ.

Ключевые слова: углерод, азот, водорастворимый органический углерод, криолитозона, мхи, лишайники.

Tokareva I.V., Prokushkin A.S. CONTENT OF ORGANIC MATTER AND ITS WATER-SOLUBLE FRACTION IN MOSS-LICHEN ASSOCIATION OF PERMAFROST ZONE.

The features of nitrogen, carbon and its water-soluble fraction content have been identified in the plant material and litter of various dominant species among mosses and lichens in permafrost zone. The water-extractable organic carbon (WEOC) content in mosses and lichens has demonstrated a weak dependence on measured chemical parameters (C, N, C/N) and, largely, determined by species and hydrothermal conditions. Among feathermosses *P. schreberi* has a maximum WEOC content. The lichen species contain lower WEOC concentration, than mosses do. The largest WEOC stock has been find under *Sph. fuscum* do to the significant accumulation of biomass and litter.

Key words: carbon, nitrogen, water-soluble organic carbon, permafrost zone, mosses, lichens.

Хайлова О.В., Смолиговец Н.С., Саранчук А.П. О НЕОБХОДИМОСТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД.

Статья дает представлении о большом разнообразии и уникальности древесных пород лесов Приморского края, однако показывает, что для сохранения этого многообразия древесных пород и создания новых необходимо продолжать исследования по биологии размножения древесных растений всеми известными способами и развивать более современные способы размножения. Накопленный опыт многими исследователями по размножению различными способами дальневосточных древесных пород надо систематизировать в виде реестра по возможностям биологии размножения. Это позволит применять все наработки специалистам-практикам при выращивании посадочного материала древесных пород для любых целей их применения.

Ключевые слова: древесные растения, биологическое разнообразие леса, воспроизводство леса, биология размножения древесных пород, размножение растений.

Khailova O.V., Smoligovets N.S., Saranchuk A.P. ABOUT NECESSITY OF THE FURTHER STUDYING OF BIOLOGY OF REPRODUCTION OF FAR EAST TREE SPECIES.

The article gives an estimate of species and their uniqueness in Primorsky Krai. But to conserve the species diversity and to grow the new ones we should continue research in the field of species propagation biology using well-known methods and to develop more modern means of propagation. Besides, we should classify know-how in propagation of the Far Eastern species using different methods in the form of a list taking into consideration the possibility of biology propagation. It will let the specialists apply their results of work at growing of species planting material to be used for any purpose.

Key words: species, biological forest diversity, forest reproduction species propagation biology, propagation

Чжан С.А. ЗОНИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ДЛИТЕЛЬНОМУ ТЕХНОГЕЗУ.

Проведены исследования состояния хвойных древостоев под воздействием длительного аэротехногенного загрязнения. Предложена наиболее оптимальная схема зонирования для лесных экосистем, подверженных длительному воздействию поллютантов в районе г.Братска.

Ключевые слова: лесные экосистема, поллютанты, зонирование, аэротехногенное загрязнение, картографический метод.

Chzhan S.A. ZONING FOREST ECOSYSTEM EXPOSED TO LONGTERM TEHNOGEZU.

Investigations of condition of coniferous forest stands under the influence of long aerotechnogenic pollution. A more optimal scheme of zoning for forest ecosystems affected by prolonged exposure to pollutants in the Bratsk.

Key words: forest ecosystem, pollutants, zoning, aerotechnogenic pollution mapping method.

Звягинцев В.Б., Южик Н.В. ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФЕНОДАТ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (PICEA ABIES) В БЕЛАРУСИ.

В работе определен наиболее достоверный температурный показатель для выявления даты начала цветения ели. Установлены сроки цветения ели по республике, а также даты массового образования и созревания семян.

Ключевые слова: ель европейская, фенофазы, сроки цветения, вредители шишек и семян, температурные показатели.

Zvyagintsev V.B., Yuzhik N.V. ABOUT CHANGE OF TERMS OF PHENOLOGICAL PHASES OF NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES) IN BELARUS.

In the research the most reliable temperature indicator for identification of the date of spruce flowering was determined. Terms of the flowering for the country and the dates of mass formation and maturation of seeds are determined.

Key words: norway spruce, phenological phases, the terms of flowering, cone and seed pests, temperature indicators.

Азовская Н.О., Ярмолович В.А. СКРИНИНГ ФУНГИЦИДОВ И БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ СОСНЫ ОТ ДИПЛОДИОЗА.

В статье рассмотрен биологический эффект фунгицидов и биопрепаратов в защите сосны обыкновенной от патогенного гриба *Sphaeropsis sapinea*, вызывающего диплодиоз – массовое заболевание в молодняках сосны в условиях Беларуси. Выделены наиболее перспективные фунгициды и биологические препараты фунгицидного действия для расширения спектра и сферы их применения в лесном хозяйстве.

Ключевые слова: диплодиоз, *Sphaeropsis sapinea*, сосна, фунгициды, биопрепараты, эффективность.

Azovskaya N.O., Yarmolovich V.A. SCREENING FUNGICIDES AND BIOPREPARATIONS FOR PROTECTION OF YOUNG PLANTS FROM DIPLODIA TIP BLIGHT ON PINE.

The article describes the biological effects of fungicides and biopreparations in the protection of Scots pine from the pathogenic fungus *Sphaeropsis sapinea*, calling diplodia tip blight – mass diseases in young pine in Belarus. Identified the most promising fungicides and fungicidal action of biopreparations to broaden their scope and in forestry.

Key words: diplodia tip blight, *Sphaeropsis sapinea*, pine, fungicides, biopreparations, efficiency.

Санаева Т.С. ДЕГРАДАЦИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА.

В статье рассмотрены основные причины деградации травянистой растительности в городе. Приведены результаты изучения возможного использования растений природной флоры в озеленение города.

Ключевые слова: антропогенные нагрузки, деградация, травянистая растительность.

Sanaeva T.S. DEGRADATION OF GRASSY VEGETATION ON OBJECTS OF GARDENING OF A CITY.

In article principal causes of degradation of grassy vegetation in a city are considered. Results of studying of possible use of plants of natural flora in city gardening are resulted.

Key words: anthropogenous loadings, degradation, grassy vegetation.

Коровин В.В., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Черкас Н.Д., Судник А.В. ЛЕСОВОД, ГЕНЕТИК И НЕУТОМИМЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЕВРОПЕЙСКИХ ЛЕСОВ ИЗ БЕЛОВЕЖСКОЙ ПУЩИ (к 75-летию со дня рождения профессора Адольфа Фридериковича Корчыка).

Работа посвящена 75-летнему юбилею выдающегося лесовода и генетика профессора Адольфа Фридериковича Корчыка. Проработал 40 лет в Научно-исследовательском институте лесного хозяйства в Варшаве. Как специалист в области лесоводства, лесной генетики и селекции, занимался разработкой оригинальных методик создания архивов клонов для сохранения генофонда старовозрастных деревьев, а также исследованиями демографической и генетической структуры естественных популяций сосны обыкновенной и ели европейской в Беловежской Пуще. В настоящее время профессор Корчык работает в Белостокском политехническом университете и проводит занятия по лесоводству, семеноводству и лесной селекции. Научное достояние Адольфа Корчыка охватывает 90 оригинальных печатных научных работ, 13 научно-популярных публикаций, а также 28 научных документов.

Ключевые слова: Адольф Фридерикович Корчык, лесоводство, генетика, селекция, Беловежская Пуща, Белостокский политехнический университет.

Korovin V.V., Merzlenko M.D., Melnik P.G., Cherkas N.D., Sudnik A.V. SILVICULTURIST, GENETICIST AND UNTIRING RESEARCHER OF THE CENTRAL EUROPEAN FORESTS OF THE BELOVEZHSKAYA PUSHCHA (dedicated to the 75th anniversary of professor Adolf Fryderyk Korczyk).

The article is dedicated to the 75th anniversary of an outstanding silviculturist and geneticist professor Adolf Fryderyk Korczyk. He has been working in the Scientific-research forestry institute in Warsaw for 40 years. Being a silviculture, forest genetics and selection expert, he was developing original methods of creating clone archives to reserve gene resource of old-growth trees. He was also studying demographic and genetic structure of the natural population of common pine and Norway spruce in the Belovezhskaya Pushcha. At the present time professor Korchik works at the Bialystok University of Technology and gives classes on silviculture, seed farming and forest selection. Scientific heritage of Adolf Korchik represents 90 original printed research papers, 13 popular science publications as well as 28 scientific documents.

Key words: Adolf Friderik Korchik, silviculture, genetics, selection, the Belovezhskaya Pushcha, Bialystok University of Technology.

Делеган И.В., Мельник П.Г. ВЫДАЮЩИЙСЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД ЕВРОПЫ (к 65-летию со дня рождения профессора Ладислава Пауле).

Ученый с мировым именем, почетный член Лесной академии наук Украины, член Словацкой академии наук, профессор технического университета во Зволене (Словакия) Ладислав Пауле создал принципиально новую, экспериментальную школу генетики лесных древесных пород, основал и издает международный научный журнал «Лесная генетика» (Forest Genetics), в котором публикуются труды известных ученых со всех стран мира, в том числе и России; он является одним из инициаторов углубления сотрудничества с Московским государственным университетом леса, включения в состав IUFRO российских научно-исследовательских коллективов и лесных учебных заведений, присуждения наград IUFRO ученым-лесоводам из стран СНГ, проведения международных форумов с участием ведущих ученых России, а также организации обмена опытом путем зарубежных стажировок в Зволенском техническом университете.

Ключевые слова: Ладислав Пауле, генетика, журнал «Лесная генетика», Словакия, Зволенский технический университет, IUFRO.

Delegan I.V., Melnik P.G. AN OUTSTANDING RESEARCHER OF FOREST TREE SPECIES OF EUROPE GENETIC DIVERSITY (devoted to the 65th anniversary of professor Ladislav Paule).

Ladislav Paule, world-famous scientist, honorary member of Ukrainian Forest Academy of Sciences, member of Slovak Academy of Sciences, professor of technical university in Zvolen (Slovakia) has created conceptually new experimental genetics school of forest tree species. He has founded and publishes international scientific magazine “Forest Genetics” where works of famous scientists from all over the world including Russia are published; he facilitates the promotion of forest science and education image at the international level and is one of the initiators of cooperation extension with Moscow State University of forest, inclusion of Russian scientific and research groups and forest educational institutions to IUFRO, IUFRO awards to

research forester from CIS countries, international forums with the involvement of leading Russian scientists and organization of experience exchange by means of foreign practical studies at Zvolen technical university.

Key words: Ladislav Paule, genetics, “Forest Genetics” magazine, Slovakia, Zvolen Technical University, IUFRO.

Делеган И.В., Мельник П.Г. НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ЧЕРНЯВСКИЙ: УЧЕНЫЙ-ЛЕСОВОД (к 60-летию со дня рождения).

Работа посвящена 60-летнему юбилею украинского лесовода Николая Васильевича Чернявского. Основные направления научных исследований ученого охватывают лесоведение, лесоводство, экологию, природоохранное и заповедное дело. Являясь преемником и продолжателем лучших традиций лесной науки Украины, Н.В. Чернявский провел фундаментальные исследования на 60-ти стационарах с полным картированием размещения древесной и кустарниковой растительности в насаждениях Карпат и Лесостепи. Ученый опубликовал более 290 научных и научно-методических трудов.

Ключевые слова: Николай Васильевич Чернявский, лесоведение, лесоводство, экология, заповедное дело, Карпаты, Лесостепь, Национальный лесотехнический университет Украины.

Delegan I.V., Melnik P.G. NIKOLAY VASILYEVICH CHERNYAVSKY: RESEARCHER AND SILVICULTURIST (Dedicated to the 60th anniversary).

The article is dedicated to the 60th anniversary of Nikolay Vasilyevich Chernyavsky, Ukrainian silviculturist. The main aspects of his scientific studies comprise: silvics, forestry, ecology, environmental activity and reserve management and studies. N.V. Chernyavsky is a successor of the best Ukrainian forest science traditions. He carried out basic research at 60 stations with complete mapping of tree and shrub distribution in Carpathians and forest-steppe plantations. The scientist has published more than 290 scientific and scientific-methods works.

Key words: Nikolay Vasilyevich Chernyavsky, silvics, forestry, ecology, reserve management and studies, Carpathians, forest-steppe, National Forestry University of Ukraine.

Бабич Н.А., Мерзленко М.Д., Евдокимов И.В., Мельник П.Г. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ГЕОРГИЯ ИВАНОВИЧА РЕДЬКО.

Работа посвящена памяти выдающего ученого-лесокультурника, лесовода-историка № 1 профессора Георгия Ивановича Редько. Являясь крупным ученым в области искусственного лесовосстановления, он восстановил истоки создания и изучил современное состояние, показал значение для науки и практики многих замечательных лесокультурных объектов, корабельных лесов России. Много сил и внимания Георгий Иванович уделял подготовке молодых ученых. Под его руководством защищено 34 кандидатские диссертации, в том числе представителями из Сирии, Египта, Вьетнама, Китая, ГДР, Судана. Восемь представителей школы профессора Редько защитили докторские диссертации. Его перу принадлежат более 270 опубликованных печатных работ по самой разнообразной тематике. Значительную их часть составляют труды по истории лесной науки. Георгия Ивановича по праву можно считать одним из ведущих историков по лесному хозяйству и лесоводственной науке в России.

Ключевые слова: Георгий Иванович Редько, лесные культуры, лесоводство, история лесного дела, Санкт-Петербургская лесотехническая академия.

Babich N.A., Merzlenko M.D., Yevdokimov I.V., Melnik P.G. IN COMMEMORATION OF PROFESSOR GEORGIY IVANOVICH RED’KO.

This work is devoted to Professor Georgiy Ivanovich Red’ko, the outstanding silviculturist and the best forester – historian. Being the great scientist in the field of artificial reforestation, he renewed the sources of multiple splendid forested areas, the Russian ship timber, its contemporary wealth and scientific and practical importance. Georgiy Ivanovich took much notice of preparing young scientists. Thirty-four Candidate’s dissertations were defended under his leadership by representatives from Syria, Egypt, Vietnam, China, GDR and the Sudan. Eight Professor Red’ko’s representatives defended their Doctor’s dissertations. He also published 270 works on different subjects, most of which are devoted to the history of forestry. Georiy Ivanovich Red’ko can be rightfully considered as one of the leading historians of forestry and silviculture in Russia.

Key words: Georiy Ivanovich Red’ko, tree species, forestry, history of forestry, Saint-Petersburg forestry engineering academy.